

**Министерство науки и образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа энергетики  
Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова  
Направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Профиль Теоретическая промышленная теплотехника

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Экспериментальное исследование интегральных характеристик процесса сушки лесного горючего материала</b>

УДК 630:614.841.41:66.047

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ83	Пинчук Алина Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Е.Е. Бульба	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения социально- гуманитарных наук	В.А. Маланина	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель общетехнических дисциплин	С.В. Романова			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель Отделения/НОЦ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Б.В.Борисов	профессор, д.ф.-м.н.		

Томск – 2020 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы магистра по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для формулирования заданий на разработку проектных решений, проектировать инновационные теплоэнергетические и теплотехнические системы и оборудование, разрабатывать проектные решения, связанные с модернизацией технологического оборудования	Требования ФГОС (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-1, 3, ),  Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий промышленной теплотехники для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач разработки и проведения мероприятий по совершенствованию технологии производства, обеспечению экономичности, надежности и безопасности эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	Требования ФГОС (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-1, 3, 8),  Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , в области технологий промышленной теплотехники, с использованием современных методов и средств математического моделирования и практической инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1, 2, ОПК-2, ПК-1, 2, 3),  Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Разрабатывать инновационные технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки, применять инновационные методы исследования, проводить исследования, критически интерпретировать, публично представлять и обсуждать результаты научных исследований	Требования ФГОС (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-1, 3, 7),  Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области современных технологий промышленной теплотехники в <i>сложных, неопределенных</i> условиях и представлять полученные результаты	Требования ФГОС (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-1, 2, 3, 7),  Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P6	Применять знания нетехнических ограничений инженерной деятельности при внедрении, эксплуатации и обслуживании современных высокотехнологичных аппаратов и систем, обеспечивая их <i>высокую эффективность</i> , соблюдение правил охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ОК-1, 2, ОПК-1, ПК-3, 4, 5, 6, 9, 10),  Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки	Требования ФГОС ОК-1, ПК-11),  Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной профессиональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной научно-исследовательской и инженерной деятельности	Требования ФГОС ОПК-2, 3, ПК-7),  Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, действовать в нестандартных ситуациях, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность при организации работ, разрабатывать мероприятия по предотвращению экологических нарушений	Требования ФГОС ОК-1, 2, ОПК-1, ПК-3, 4, 5, 7, 8, 9, 10),  Критерий 5 АИОР (пп. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания философских аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i> , мыслить абстрактно, обобщать, анализировать, систематизировать и прогнозировать, принимать решения в сложных инженерных задачах с технической неопределенностью и недостатком информации	Требования ФГОС ОК-1, 2, ОПК-1, ПК-3, 4, 5, 7, 8, 9, 10),  Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и, используя творческий потенциал, саморазвиваться, самореализовываться непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ОК-1, 3, ОПК-1, ПК-4, 8),  Критерий 5 АИОР (1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**Министерство науки и образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики  
Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова  
Направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Профиль Теоретическая промышленная теплотехника

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
Б.В.Борисов

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ83	Пинчук Алине Андреевне

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№43-61/с от 12.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	9 июня 2020 года
--	------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: три образца хвойных пород древесины:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кедр;</li> <li>2. Ель;</li> <li>3. Сосна.</li> </ol>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– постановка цели и задач исследования;</li> <li>– обзор литературы;</li> <li>– определение массы испарившейся влаги;</li> <li>– расчет массовой скорости испарения;</li> <li>– расчет парциального давления;</li> <li>– анализ и обработка полученных результатов;</li> <li>– анализ параметров, влияющих на коэффициент аккомодации;</li> <li>– заключение.</li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент</b>	В.А. Маланина, доцент Отделения социально-гуманитарных наук
<b>Социальная ответственность</b>	С.В. Романова, старший преподаватель Отделения общетехнических дисциплин
<b>Часть ВКР на иностранном языке</b>	П.И. Костомаров, доцент Отделения иностранных языков

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	23 декабря 2020 года
---	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Бульба Елена Евгеньевна	К.Т.Н.		23.12.19

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ83	Пинчук Алина Андреевна		23.12.19

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ83	Пинчук Алина Андреевна

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	И. Н. Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

**Тема: «Экспериментальное исследование интегральных характеристик процесса сушки  
лесного горючего материала»**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<b>Объект исследования:</b> хвойная биомасса трех сортов древесины, ее свойства и параметры. <b>Рабочая зона:</b> ауд. № 107, 4 к. НИ ТПУ. <b>Область применения:</b> энергетика, лесная промышленность (сушка древесины).
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Нормативные документы: 1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Превышение уровня шума; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений; 5. Повышенный уровень статического электричества.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Область воздействия на атмосферу.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: 1. Поражение электрическим током; 2. Возникновение пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.03.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова Светлана Владимировна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ83	Пинчук Алина Андреевна		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ83	Пинчук Алина Андреевна

Подразделение	ИШЭ	НОЦ	И. Н. Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Месячный оклад инженера – 17 000р. Месячный оклад научного руководителя – 19 500р.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации – 20%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисление в социальные фонды 30,2 % от фонда заработной платы

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование работ и оценка их выполнения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ83	Пинчук Алина Андреевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 136 страницы, 6 рисунков, 4 таблицы, 45 источников литературы, 4 приложения.

Ключевые слова: лесной горючий материал, хвойная биомасса, массовая скорость испарения, влажность, парциальное давление, коэффициент аккомодации.

Объектом исследования является лесной горючий материал, а именно хвойная биомасса трех сортов древесины, ее свойства и параметры.

Цель работы – экспериментальное исследование процесса влагоудаления различных типов лесного горючего материала, а также нахождение скорости испарения жидкости, расчет коэффициента аккомодации и парциального давления, которые позволяют оценить параметры, влияющие на процесс испарения жидкости при сушке древесины.

В результате эксперимента получены результаты изменения массовой скорости испарения, коэффициента аккомодации и парциального давления для лесного горючего материала. Получены зависимости массовой скорости испарения от температуры, массовой скорости испарения от времени испарения, а также проведен расчет коэффициента аккомодации.

Область применения: энергетика, лесная промышленность (сушка древесины).



## Содержание

Введение.....	10
1. Обзор литературы .....	12
1.1 Характеристика и строение хвойной древесины.....	12
1.2 Физические процессы сушки древесины.....	14
1.3 Теоретические сведения о сушильном процессе .....	15
1.4 Экспериментальное исследование процесса влагоудаления .....	17
1.5 Математическое моделирование процесса влагоудаления древесины .....	21
1.6 Теория планирования инженерно-физического эксперимента.....	23
1.7 Выводы по обзору литературы .....	24
2. Экспериментальное исследование массовой скорости испарения из лесного горючего материала .....	25
2.1 Описание экспериментальной установки.....	25
2.2 Методика эксперимента.....	27
3. Результаты экспериментального исследования .....	29
3.1 Результаты расчёта погрешности измерений.....	33
3.2 Результаты расчёта парциального давления и коэффициента аккомодации .....	40
4. Анализ полученных результатов .....	48
4.1 Анализ зависимости скорости испарения от времени .....	48
4.2 Зависимость скорости испарения от времени иголок и веток .....	49
5. Социальная ответственность .....	50
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	51
5.2 Производственная безопасность.....	52
5.3. Экологическая безопасность.....	57
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	58
5.5 Заключение по разделу .....	61
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	62
6.1 Определение перечня работ и оценка времени на их выполнение.....	62
6.2 Смета затрат на проект .....	64
6.3 Анализ полученных результатов .....	67
Заключение .....	68
Список использованных источников .....	69
Приложение А.....	75
Приложение Б .....	86
Приложение В.....	102
Приложение Г .....	122

## Введение

Сушка – одна из важнейших и неотъемлемых операций в технологических процессах деревообработки, во многом определяющая качество и конкурентоспособность готовых изделий. Целью сушки является улучшение качества материала (снижение его объемной массы, повышение прочности) и, в связи с этим, увеличение возможностей его использования.

Задача эффективной утилизации отходов на сегодняшний день очень актуальной. Так как объемы и разнообразие отходов увеличиваются быстрыми темпами, из-за развития промышленности и роста потребления энергии.

В результате обработки древесины и лесозаготовок появляется большое количество отходов. Их использование пока минимально. Поскольку лесосечные отходы практически не применяются, их утилизация связана с большими финансовыми затратами. В качестве выхода из сложившейся ситуации предлагается переход на использование возобновляемых источников энергии. Одним из таких источников является древесина.

Но использование древесной биомассы в энергетике осложнено из-за большого, как правило, влагосодержания древесины. Процессы сушки древесины длительны и энергозатратны. Поэтому анализ закономерностей процессов влагоудаления представляет собой одной из основных задач, решение которых необходимо при разработке технологий сжигания древесной биомассы в топках паровых и водогрейных котлов.

Древесные отходы являются хорошим топливом, имеющим высокую теплотворную способность. Главным достоинством этого топлива есть его экологическая безопасность, так как при его сгорании образуется минимальное количество золы и вредных веществ. При естественном разложении древесины в атмосферу выделяется то же количество углекислого газа, как при ее сгорании.

Целью работы является экспериментальное исследование процесса влагоудаления различных типов лесного горючего материала и определение численных значений характеристик процесса сушки.

Задачи исследования:

1. Аналитический обзор литературных источников по исследованию процесса сушки древесной биомассы.
2. Планирование и подготовка образцов для проведения эксперимента.
3. Проведение эксперимента.
4. Обработка результатов эксперимента и формирование выводов.

## 1. Обзор литературы

### 1.1 Характеристика и строение хвойной древесины

В статье [1] приведен обзор методов определения гистологического состава древесины разных типов.

Древесные породы делятся на три группы: хвойные, лиственные рассеяннососудистые и лиственные кольцесосудистые. Хвойные породы являются голосеменными растениями, менее развитыми в эволюционном отношении. Древесина хвойных пород отличается простым строением и радиальным расположением основных элементов.

В статье [2] описан анализ общего прироста древесины ствола дерева и ее анатомического строения у сосны и ели показывает различный механизм формирования базисной плотности древесины после рубок ухода и внесения удобрений. В зависимости от состава древостоя влияние макропоказателей строения древесины на ее плотность может существенно отличаться. Плотность древесины у сосны и ели коррелирует с разными показателями строения древесины. С увеличением доли поздней древесины в годичном приросте у обеих пород возрастает и плотность. Наиболее тесно изменения плотности связаны с изменениями площади поперечного сечения ствола и зоны поздней древесины обеих пород. Изменения на уровне строения клеток поздней и ранней древесины сосны и ели определяют ее плотность после ухода за лесом. У ели увеличение количества клеток поздней древесины влияет на рост плотности древесины в целом как после разреживания, так и при совместном внесении удобрений, у сосны увеличение толщины клеточных стенок и их размеров в поздней древесине годичного прироста после комплексного ухода приводит к повышению плотности древесины. После разреживания насаждения плотность древесины сосны уменьшается, так как происходит увеличение зоны ранней древесины в годичном приросте. В смешанных сосново-еловых насаждениях изменения плотности древесины зависят от доли участия породы. Таким образом, количественные показатели

древостоя влияют на качественные параметры – плотность древесины. С увеличением доли сосны в составе смешанного хвойного древостоя после комплексного ухода плотность древесины у ели и сосны увеличивается.

В статье [3] описано строение лиственных и хвойных пород древесины. При использовании вторичного сырья для производства любых изделий необходимо учитывать породу древесины, её строение и физико-механические свойства. Древесина хвойных пород отличается простым строением и радиальным расположением основных элементов строения древесины. Характерная особенность строения древесины хвойных пород – смоляные ходы. Различают смоляные ходы вертикальные и горизонтальные. Горизонтальные проходят по сердцевинным лучам. Вертикальные смоляные ходы представляют тонкие узкие каналы, заполненные смолой. Сосна и ель имеют хорошо видимые годичные слои с четкой границей между ранней и поздней древесиной. Сосна в отличие от ели имеет довольно крупные и многочисленные смоляные ходы, а у ели они малочисленные и мелкие. Древесина сосны средней плотности обладает достаточно высокой прочностью, противостоит гниению, хорошо обрабатывается. Ель несколько уступает древесине сосны по прочности, плотности и биостойкости. Кроме того, её труднее обрабатывать из-за большого обилия сучков и их повышенной твердости.

В статье [4] рассмотрены вопросы, связанные с особенностями отделки древесины хвойных пород. Особенности анатомического строения и химического состава древесины хвойных пород, наличие большого количества сучков, смолистых участков, трещин оказывает существенное влияние на процесс отделки, а также на качество выпускаемой продукции. Одной из особенностей древесины является ее различная капиллярная проницаемость для жидкостей не только разных пород, но вдоль и поперек волокон. Проницаемость весьма незначительна поперек волокон.

## 1.2 Физические процессы сушки древесины

В статье [5] рассмотрены физические процессы сушки древесины, описан один из наиболее перспективных методов вакуумной сушки и его этапы. Рассмотрен подход к определению режимов сушки древесины в вакуумных сушильных установках.

Изготовленные из сырой древесины изделия с течением времени изменяют свои размеры. Поэтому древесину перед дальнейшей переработкой нужно высушить. Сушка происходит путем перемещения влаги от середины к поверхности древесины и испарения воды с поверхности. Перемещение воды в объеме древесины занимает значительно большее время, чем испарение с поверхности. Древесина состоит из клеток удлиненной формы, расположенных вдоль оси ствола. Стенки клеток пронизаны микрокапиллярами. Влага в древесине находится в полостях клеток и в микрокапиллярах стенок. Та вода, которая содержится в полостях клеток, называется свободной. Влага в микрокапиллярах стенок клеток называется связанной или гигроскопической.

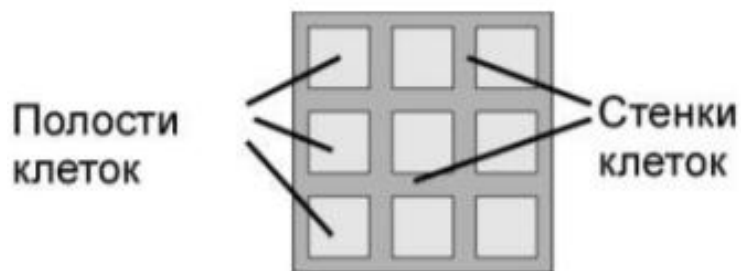


Рисунок 1 – Строение древесины

Свободная вода, которая находится внутри клеток, в процессе сушки удаляется первой. Этот этап сушки дерева считается более опасным - возможно появление внутренних дефектов: трещин и разрывов.

В деревообработке для количественной характеристики содержания влаги в древесине используют понятие абсолютной влажности, которая представляет собой процентное отношение массы влаги, содержащейся в

древесине, к массе абсолютно сухой древесины. Когда влажность дерева достигнет уровня 28-30% (эта величина практически не зависит от вида древесины), это означает, что вся свободная вода удалена. С этого момента начинается процесс удаления связанной воды из стенок клеток. И с этого момента начинается процесс усушки. Усушка – это уменьшения линейных и объемных размеров. В процессе удаления свободной воды усушки не происходит.

В статье [6] представлены материалы по влиянию физических свойств (состояния влажности) древесины в зависимости от режима сушки, плотности древесной породы и района и местопроизрастания. В растущем дереве всегда содержится значительное количество влаги в жидком состоянии. Ее основная роль заключается в поддержании жизнедеятельности отдельных клеток и всего растения, в том числе в перемещении питательных веществ по проводящим путям древесины.

В статье [7] описано прогнозирование физико-механических свойств древесины. При несоответствии плотности и зависящей от нее прочности древесины конструкционных пиломатериалов расчетным характеристикам она не может быть использована в производстве несущих конструкций, что снижает коэффициент использования древесины и увеличивает стоимость готовых изделий. Разработан метод оценки плотности древесины эксплуатационной влажности на этапе лесозаготовки, основанный на оценке ее базисной плотности, что позволяет присваивать определенные качественные индексы лесным массивам до проведения лесозаготовительных работ. Исследования выполнены для групп модельных деревьев сосны и ели, заготовленных в разных частях Ленинградской области. За критерий оценки качества древостоев принята плотность древесины при влажности 12 %.

### 1.3 Теоретические сведения о сушильном процессе

В учебном пособии [8] изучен процесс сушки древесины. Существуют два способа сушки дерева: атмосферный и искусственный. Атмосферная

сушка производится в штабелях, омываемых воздухом без подогрева. Достоинство атмосферной сушки - низкая стоимость. Недостатки: сезонность (зимой практически прекращается), большая продолжительность, высокая конечная влажность. Для ускорения процесса получения качественной продукции из исходного сырья применяется искусственная сушка древесины в сушильных камерах.

Согласно учебным пособиями [9,10] по способу нагрева древесины сушильные установки разделяются:

1) конвективные – нагрев древесины производится проходящим через штабель нагретым воздухом;

2) кондуктивные – передача теплоты материалу при непосредственном контакте с нагретыми поверхностями;

3) радиационные – передача тепла излучением;

4) диэлектрические – нагрев электромагнитным полем высокой частоты;

5) индукционные – электромагнитным полем промышленной частоты нагреваются расположенные внутри штабеля ферромагнитные пластины.

Сушильные установки разделяются еще на две категории:

1) нормального давления – древесина сушится при атмосферном давлении;

2) вакуумные - при сушке древесина находится в разреженной среде.

При искусственной сушке материала стоят три задачи:

1) получить продукцию высокого качества с необходимой конечной влажностью;

2) провести процесс сушки за минимальное время;



3) затратить минимальное количество энергии.

В процессе сушки трудным моментом является создание условий, которые ускоряют движение воды из сердцевины древесины к ее поверхности. Действуют следующие законы, которые регулируют движение воды в древесине. Скорость перемещения влаги в древесине зависит:

1) от температуры;

2) от степени вакуума в сушильной камере;

3) от перепада температур. Вода движется из мест, имеющих высокую температуру, к местам с низкой температурой;

4) от разности концентраций. Вода движется из мест более насыщенных влагой к местам с меньшей насыщенностью.

В статье [11] представлены результаты исследования процессов сушки, даны рекомендации по режимным параметрам процесса морения термомодифицированием древесины в жидкости.

В статье [12] приводятся результаты исследований сушки древесины в конвективных и вакуумных сушильных камерах. Выявлены существенные преимущества применения вакуумных сушилок в сравнении с конвективными. Современные производства требуют более усовершенствованных способов сушки и применения вакуумных сушильных камер позволит обеспечить предприятия качественным сухим пиломатериалом за сравнительно небольшой период времени.

#### 1.4 Экспериментальное исследование процесса влагоудаления

В статье [13] по экспериментальным данным получена математическая модель естественной сушки целых деревьев, уложенных в пачки на лесосеке при заготовке топливной древесины. Влажность древесины в процессе естественной сушки с марта по октябрь в среднем была снижена с 52 % до 27 %. Кроме того, в статье предложен способ заготовки топливной древесины

энергетических лесных плантаций. Предложен способ укладки деревьев в пачки при заготовке топливной древесины, выращенной на лесных плантациях. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности производства древесного топлива.

В статье [14] приведены результаты экспериментального исследования термомеханической сушки оцилиндрованной древесины методом сброса давления. Подтверждена высокая скорость процесса термомеханической сушки при удовлетворительном качестве высушиваемых изделий.

В статье [15] по экспериментальным данным построены кривые сушки, отражающие изменение влажности древесины во время сушки, и кривые скорости сушки, на основании которых определяют кинетические характеристики процесса. Найдено, что скорость сушки в ходе эксперимента уменьшается более чем в шесть раз. Полученные значения коэффициентов сушки и влагопроводности можно использовать в теоретических уравнениях для определения продолжительности процесса сушки. Обобщающими характеристиками кинетики процесса сушки являются безразмерные критерии Нуссельта и Фурье.

В статье [16] представлены результаты экспериментального исследования процесса сушки влажных древесных отходов отработанными газами котельных установок. Определен характер влияния влажности древесины на процесс ее сжигания. Экспериментально определены основные параметры процесса сушки древесины.

В статье [17] рассматривается в комплексе с последующей пропиткой древесины и, соответственно, предлагаются варианты математических моделей процессов сушки и пропитки. С использованием моделей показано, если относительная влажность древесины после предварительной сушки находится в интервале от 5 до 40 %, то функция скорости пропитки имеет экстремум. Получены количественные оценки, подтверждающие, что

интенсивность процессов сушки и пропитки наиболее высока в начальной их стадии и быстро уменьшается с течением времени.

В статье [18] была разработана и изготовлена экспериментальная установка, позволяющая проводить термогравиметрические эксперименты в среде с контролируемой влажностью. Образцы для исследования имели разную начальную влажность при различной относительной влажности среды. Результаты термогравиметрических экспериментов обрабатывали с использованием метода, позволяющего разделить процесс на отдельные стадии. Установлено, что удаление связанной влаги из древесины протекает в семь стадий. Для каждой стадии были определены энергия активации, предэкспоненциальный множитель и начальная относительная масса. Изучена зависимость кинетических параметров от относительной влажности среды. Сделано допущение, что только энергия активации зависит от влажности сушильного агента. Получены эмпирические зависимости энергии активации от относительной влажности среды для первой, второй и третьей стадий; проведены термогравиметрические исследования кинетики сушки древесины с начальной влажностью, превышающей предел насыщения клеточных стенок, т. е. при наличии свободной влаги; получены постадийные кинетические параметры.

В статье [19] для определения коэффициента молярного переноса в области высоких влагосодержаний были проведены экспериментальные исследования по водопроницаемости древесины. Полученные результаты научной обработки экспериментальных данных позволяют оптимизировать процесс вакуумной сушки древесины.

В статье [20] для экспериментального исследования тепловых эффектов каждой стадии процесса сушки древесины был использован метод дифференциальной сканирующей калориметрии. Эксперименты проводились в среде аргона. Результаты калориметрии были совмещены с результатами термогравиметрического исследования сушки. Для обработки результатов

экспериментов использовался метод, позволяющий разделить процесс на отдельные стадии. Эти стадии, выделяемые при обработке графиков изменения относительной массы образцов в термогравиметрических экспериментах, удовлетворительно коррелируются со стадиями, определяемыми методом сканирующей калориметрии. Результаты экспериментальных исследований представлены в графическом виде. Была проведена совместная обработка экспериментальных данных. Она позволила определить тепловые эффекты для каждой стадии процесса удаления связанной влаги. Полученные значения сведены в таблицы. Проведено сравнение результатов экспериментально -расчетных исследований с результатами калориметрических экспериментов. Показано их удовлетворительное совпадение.

В статье [21] проведены экспериментальные исследования процесса сушки образца берёзы с каналом внутри. Определено оптимальное время сушки 40 часов в сушильном шкафу при температуре 600°C до относительной влажности 6%. Экспериментально показана необходимость проведения контроля влажности в центре образца. Полученный режим сушки не приводит к появлению трещин в образце, что является оптимальным условием его использования для организации высокоэнтальпийного горения.

В статье [22] рассмотрена конвективная сушка древесных частиц перед термохимическим процессом переработки древесных материалов. Представлена зона конвективной сушки измельченной древесины. Проведено экспериментальное и математическое моделирование процесса сушки влажных древесных частиц перед термохимической переработкой. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований изменения температуры и влажности древесных частиц в сушильном бункере.

## 1.5 Математическое моделирование процесса влагоудаления древесины

В статье [23] приведена математическая модель тепломассообмена в древесине при тепловом воздействии. Модель описывает процессы, протекающие в древесине как на этапе сушки, так и на этапе термического модифицирования. Приведены результаты исследования зависимости прочностных и цветовых свойств древесины от степени ее термической деструкции. Проведена проверка адекватности предложенной математической модели.

В статье [24] представлено математическое моделирование процесса сушки древесины предполагает наличие информации о внутренних источниках теплоты и массы. Удаление влаги из древесины рассматривается как сложный многостадийный физико-химический процесс. Приведены результаты исследования кинетики процесса. Получены в явном виде зависимости энергий активации первой, второй и третьей стадий от влажности среды.

В статье [25] дается краткий обзор работ по механике реагирующих сред и утверждается, что древесина является пористой реагирующей средой. На основе законов сохранения массы, количества движения, энергии и уравнения состояния получена общая замкнутая система уравнений в частных производных для описания процессов зажигания и горения древесины. Утверждается, что реакционные и тепло физические свойства древесины сильно отличаются от другой природной реагирующей среды - торфа и предлагается новая физико-математическая модель зажигания и горения древесины.

В статье [26] рассмотрен способ сушки и термической обработки древесины в среде дымовых газов, предложена установка для его осуществления. Приведены результаты математического и физического моделирования процесса прогрева пиломатериала на стадии термического

модифицирования. Получено аналитическое выражение темпа повышения температуры среды.

В статье [27] проведено компьютерное моделирование процессов капиллярного влагопереноса в целях уточнения влияния термовлагопроводности на общий процесс тепломассообмена в коллоидном капиллярно-пористом теле – древесине. В ходе анализа процессов тепломассообмена получены формулы для определения критерия фазового перехода и термоградиентного коэффициента для существенно неизотермических режимов сушки древесины. Результаты работы могут быть использованы при изучении капиллярно-пористой структуры древесины и определении параметров режимов сушки пиломатериалов.

В статье [28] представлен алгоритм разработки математической модели для описания процесса термохимической переработки отходов лесопиления в древесный уголь.

В статье [29] предложена технология вакуум-осциллирующей сушки пило- материалов, на стадии прогрева которой использован перегретый пар с целью интенсификации теплообменных процессов и релаксации сушильных напряжений. Приведены результаты математического моделирования, которые могут быть использованы при выдаче рекомендаций по режимным параметрам процесса.

В статье [30] представлена математическая модель процесса СВЧ-термообработки диэлектрических объектов в периодическом режиме. Приведены результаты численного моделирования процесса сушки штабеля пиломатериалов с использованием разработанной модели в зависимости от различных параметров.

В статье [31] представлены результаты исследований процесса сушки влажных древесных отходов отработанными газами котельных установок. Предложена математическая модель расчёта процесса сушки древесных

отходов, топочными газами и представлены некоторые результаты численного эксперимента.

В статье [32] предложены принцип математического описания лабораторной электроустановки для сушки древесины и компьютерная модель, основанная на анализе режимов её работы, с целью получения математической формулы управления установкой.

В статье [33] приведены результаты математического моделирования и экспериментальных исследований процесса сушки пиломатериалов в электромагнитном поле сверхвысокой частоты на технологической установке. В результате сравнения экспериментальных и математических зависимостей относительная погрешность не превышает 3 %. Дискретное и равномерное расположение источников СВЧ-энергии установки при вращении пиломатериалов позволяет за счет равномерности распределения тепла в теле пиломатериала сократить время сушки на 25 %.

В статье [34] рассмотрена проблема сушки пиломатериалов. Результатами исследований являются полученные зависимости влажности пиломатериалов и времени сушки от температуры нагрева и равновесной влажности воздуха в сушильной камере. Практическая применимость результатов заключается в возможности создания интеллектуальной системы автоматического управления процессом сушки пиломатериалов.

#### 1.6 Теория планирования инженерно-физического эксперимента

В статье [35] приведены основные понятия и определения математического планирования эксперимента в научных исследованиях. Под экспериментом будем понимать совокупность операций совершаемых над объектом исследования с целью получения информации о его свойствах.

В учебном пособии [36] описаны этапы планирования эксперимента, которые включает в себя ряд этапов:

##### 1. Установление цели эксперимента;

2. Уточнение условий проведения эксперимента;
3. Выявление и выбор входных и выходных параметров;
4. Установление потребной точности результатов измерений;
5. Составление плана и проведение эксперимента;
6. Статистическая обработка результатов эксперимента: определение доверительного интервала среднего значения и дисперсии для заданной статистической надежности;
7. Объяснение полученных результатов и формулирование рекомендаций по их использованию.

Методы планирования эксперимента позволяют минимизировать число необходимых испытаний, установить рациональный порядок и условия проведения исследований в зависимости от их вида и требуемой точности результатов.

#### 1.7 Выводы по обзору литературы

При аналитическом обзоре литературы было рассмотрено 36 источников, на основании которых выполнен анализ энергоэффективности использования биомассы, изучены теоретические основы сушки и виды сушильных камер, рассмотрена теория инженерно-физического эксперимента. А так же найдены параметры, влияющие на процесс испарения влаги из древесины. И на основании рассмотренных источников, были сделаны выводы, что в литературе достаточно информации о строении и физических свойствах хвойной древесины, но отсутствует информация о значениях парциального давления и коэффициента аккомодации, что мешает теоретическому расчету при создании математической модели.



## 2. Экспериментальное исследование массовой скорости испарения из лесного горючего материала

На основании выводов по обзору литературы несомненно есть актуальность в проведения исследований влияния различных факторов на процесс сушки материалов.

Цель работы: экспериментальное исследование процесса влагоудаления различных типов лесного горючего материала.

Задачи работы:

1. Аналитический обзор литературных источников по исследованию процесса влагоудаления.
2. Планирование эксперимента
3. Подготовка образцов для проведения эксперимента.
4. Проведение эксперимента.
5. Обработка результатов эксперимента и формулирование выводов.

### 2.1 Описание экспериментальной установки

Эксперимент проводится в сушильном шкафу типа SU 32 (рис. 2.1.1), предназначенный для сушки различных материалов. Шкаф имеет коррозионностойкую камеру из нержавеющей стали.

Нагрев рабочей камеры в сушильном шкафу обеспечивается проволочными нагревателями, размещенными вокруг камеры нагрева. Такие нагревательные панели имеют хорошую теплопередачу и обеспечивают равномерный нагрев поверхности рабочей камеры.

Характеристики сушильного шкафа типа SU 32: напряжение – 220 В; частота – 50 Гц; сила тока – 6,8 А; рабочий диапазон температур – 40 – 200 °С; мощность – 4,5 кВт.

Основные элементы сушильного шкафа SU 32:

- рабочая камера из нержавеющей стали;

- проволочные нагреватели;
- отверстие для сброса паров влаги;
- отверстие для установки термометра;
- тумблер включения нагрева.



Рисунок 2.1.1 – Сушильный шкаф типа SU 32

Измерение массы емкости, используемой для сушки, с помощью лабораторных весов (рис.2.1.2).

Характеристики лабораторных весов Aczet CY-1003: максимальный вес – 1 кг; точность – 0,001 г; Размер платформы: длина – 12,8 см, ширина – 12,8 см.



Рисунок 2.1.2 – Лабораторные весы Aczel CY-1003

## 2.2 Методика эксперимента

В качестве экспериментальных образцов использовалась биомасса хвойных пород древесины: кедр, ель, сосна.

В ходе работы осуществлено планирование эксперимента, которое включает следующее:

- подготовка образца;
- измерение массы емкости, используемой для сушки, с помощью лабораторных весов;
- заполнение емкости исследуемым образцом биомассы;
- включение сушильной камеры;
- установка необходимой температуры в сушильной камере через программу;
- ёмкость с биомассой помещается в сушильную камеру на заранее выбранный интервал времени (10 минут);
- по истечению необходимого времени производится изъятие ёмкости;
- анализ полученных результатов.

Примечание: данный эксперимент проводится аналогично и не менее 3 раз для любых выбранных температур в печи в одном и том же выбранном интервале времени.

### 3. Результаты экспериментального исследования

В процессе выполнения научной работы было проведено экспериментальное исследование влияния теплофизических свойств лесного горючего материала на процесс сушки для трех образцов хвойной биомассы.

В начале эксперимента была найдена масса испарившейся влаги из древесины, после ее сушки в сушильной камере через каждые 10 минут, для каждой серии эксперимента и для каждого образца древесины, по формуле:

$$\Delta m = m_i - m_{i+1}, \text{ кг} \quad (3.1)$$

где  $m_i$  — первоначальная масса образца, кг,  $m_{i+1}$  — масса испарившейся влаги через 10 минут сушки, кг.

Массовая скорость испарения жидкости из биомассы была найдена экспериментальным путем по формуле:

$$W_{\text{исп.}} = \frac{\Delta m}{S \cdot t}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \cdot \text{с}, \quad (3.2)$$

где  $\Delta m$  — изменение массы образцы, после 10 минут сушки, кг,  $S$  — площадь емкости,  $S = 0,001813 \text{ м}^2$ ,  $t$  — время сушки,  $t = 600 \text{ с}$ .

Скорость, с которой газовые молекулы ударяются о поверхность, может быть вычислена так же на основании кинетической теории из уравнения Герца-Кнудсена:

$$W_{\text{исп.}} = \frac{A \cdot (p^{\text{H}} - p^*)}{\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}}, \quad (3.3.)$$

где  $p^{\text{H}}$  — давление насыщенного пара, МПа,  $p^*$  — давление парциальное, МПа,  $R$  — универсальная газовая постоянная, Дж/кмоль · К,  $R = 8314 \text{ Дж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$ ,  $M$  — молекулярный вес, кг,  $T$  — температура вещества, К,  $A$  — коэффициент аккомодация.

Воспользуемся уравнением состояния для нахождения двух неизвестных величин:

$$p \cdot V = (m_{\text{с.в.}} + m_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot \frac{R}{M} \cdot T, \quad (3.4)$$

где  $p$  – давление насыщенного пара, Па,  $V$  – объем сушильной камеры, м<sup>3</sup>,  $m_{\text{с.в.}}$  – масса сухого воздуха, кг,  $m_{\text{H}_2\text{O}}$  – масса водяного пара, кг,  $R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/кмоль · К,  $R = 8314$  Дж/кмоль · К,  $M$  – молекулярный вес, кг,  $T$  – температура вещества, К.

Масса сухого воздуха находится по формуле:

$$m_{\text{с.в.}} = \left[ \frac{p \cdot V}{R \cdot T} - \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \right] \cdot M_{\text{с.в.}}, \quad (3.5)$$

где  $p$  – давление насыщения, определяемое из таблиц термодинамических свойств воды и водяного пара, по температуре влажного воздуха,  $V$  – объем сушильной камеры,  $V = 0,36$  м<sup>3</sup>,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $R = 8314$  Дж/кмоль · К,  $m_{\text{H}_2\text{O}}$  – масса испарившейся влаги из всего образца, кг,  $M_{\text{H}_2\text{O}}$  – молекулярная масса водяного пара,  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$  г/моль,  $M_{\text{с.в.}}$  – молекулярная масса сухого воздуха,  $M_{\text{с.в.}} = 29$  г/моль.

Для нахождения общей массы влаги  $m_{\text{H}_2\text{O}}$ , испарившейся со всего образца, необходимо найти массу испарившейся влаги в начальный момент времени в сушильной камере, которая вычисляется по формуле:

$$m_{\text{H}_2\text{O}(0)} = d \cdot M_{\text{с.в.}}, \quad (3.6)$$

где  $M_{\text{с.в.}}$  – молекулярная масса сухого воздуха в камере, в начальный момент времени, кг,  $d$  – влагосодержание влажного воздуха.

Влагосодержание влажного воздуха:

$$d = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{с.в.}}}, \quad (3.7)$$

где  $M_{\text{п}}$  – масса пара, кг.

Из уравнения состояния идеального газа и формулы для нахождения относительной влажности получим формулу для расчета влагосодержания влажного воздуха.

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_s}{B - \varphi \cdot P_s}, \quad (3.8)$$

где  $B$  – атмосферное давление,  $B=101325$  Па,  $\varphi$  – относительная влажность воздуха, принимаемая  $\varphi = 50\%$ ,  $P_s$  – давление насыщения, принимаемое по таблице термодинамических свойств воды и водяного пара.

Масса сухого воздуха в камере вычисляется по формуле:

$$M_{\text{с.в.}} = V \cdot \rho_{\text{с.в.}}, \quad (3.9)$$

где  $V$  – объем сушильной камеры,  $V = 0,36 \text{ м}^3$ ,  $\rho_{\text{с.в.}}$  – плотность сухого воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .

Плотность сухого воздуха в помещении вычисляется по формуле:

$$\rho_{\text{с.в.}} = \frac{B - \varphi \cdot P_s}{\frac{R}{M} \cdot T}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (3.10)$$

где  $P_s$  – давление насыщенного пара, при начальной температуре в камере  $t = 25^\circ\text{C}$ , принимаем  $P=3170$  Па;  $T$  – начальная температура в камере,  $T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ К}$ .

Теперь, зная массу испарившейся влаги в начальный момент и массу испарившейся влаги с образца, мы можем найти общую массу влаги в камере по формуле:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \Delta m + m_{\text{H}_2\text{O}(0)}, \quad (3.11)$$

где  $\Delta m$  – масса испарившейся влаги из образца в течении 10 минут, кг,  $m_{\text{H}_2\text{O}(0)}$  – масса влаги в начальный момент в сушильной камере, кг.

Далее, так же из уравнения состояния находим молекулярную массу влажного воздуха:

$$M = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} + \left[ \frac{p \cdot V}{R \cdot T} - \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \right] \cdot M_{\text{с.в.}}}{\frac{p \cdot V}{R \cdot T}}. \quad (3.12)$$

Получив значения общей массы испарившейся влаги в образце, массу сухого воздуха и молекулярный вес мы можем найти объемные и массовые доли испарившейся влаги.

Массовые доли водяного пара находятся по формуле:

$$g_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{m_{H_2O} + \left[ \frac{p \cdot V}{R \cdot T} - \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} \right] \cdot M_{c.v.}}, \quad (3.13)$$

где  $m_{H_2O}$  — масса водяного пара, кг,  $p$  — давление насыщенного пара, Па,  $V$  — объем сушильной камеры,  $V = 0,36 \text{ м}^3$ ,  $R$  — универсальная газовая постоянная,  $R = 8314 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{К}$ ,  $T$  — температура вещества, К,  $M_{H_2O}$  — молекулярная масса водяного пара,  $M_{H_2O} = 18 \text{ г/моль}$ ;  $M_{c.v.}$  — молекулярная масса сухого воздуха,  $M_{c.v.} = 29 \text{ г/моль}$ .

Объемные доли водяного пара находим по формуле:

$$r_{H_2O} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}}, \quad (3.14)$$

где  $g_{H_2O}$  — массовые доли водяного пара в каждом образце,  $M$  — молекулярная масса влажного воздуха,  $M_{H_2O}$  — молекулярная масса водяного пара,  $M_{H_2O} = 18 \text{ г/моль}$ .

Теперь зная объемные доли испарившейся влаги и давление насыщенного пара, мы можем найти парциальное давление по формуле:

$$P_{H_2O} = r_{H_2O} \cdot P_n, \quad (3.15)$$

где  $P_n$  — давление насыщения, определяемое из таблиц термодинамических свойств воды и водяного пара по температуре влажного воздуха, Па,  $r_{H_2O}$  — объемные доли водяного пара в каждом образце.

Зная парциальное давление и скорость испарения жидкости из образцов биомассы находим коэффициент аккомодации из уравнения Герца-Кнудсена:

$$A = \frac{W_{\text{исп.}} \cdot \sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}}{(p^n - p^*)}. \quad (3.16)$$

Результаты расчётов коэффициента аккомодации сведены в таблицы и представлены в приложении Г для трех сортов (образцов) биомассы.



### 3.1 Результаты расчёта погрешности измерений

3.1.1 Составим таблицу измерений скорости испарения жидкости для сушки иголок сосны при температуре 373 К

Таблица 3.1 – результаты трех серий измерений скорости испарения для иголок сосны при температуре 373 К

№ п/п	Результаты измерения №1 $w_1 \cdot 10^5, \text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$	Результаты измерения №2 $w_2 \cdot 10^5, \text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$	Результаты измерения №3 $w_3 \cdot 10^5, \text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$
1	55,525	56,812	48,354
2	18,110	21,695	19,489
3	11,215	9,744	11,767
4	8,182	7,722	7,906
5	6,067	4,321	4,964
6	4,964	3,034	5,883
7	3,861	3,126	4,045
8	3,126	3,218	4,045
9	2,482	1,195	3,034
10	1,931	1,471	2,390
11	0,919	0,919	1,011
12	0,460	0,460	0,919
13	0,460	0,460	0,552

3.1.2 Находим среднее арифметическое значение результатов измерения:

$$\bar{w} = \frac{w_1 + w_2 + \dots + w_n}{n}, \text{кг/м}^2 \cdot \text{с} \quad (3.2.1)$$

где  $w_1, w_2, w_n$  – значения измерений,  $n$  – количество измерений ( $n = 3$ ).

$$\bar{w}_1 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{55,525 + 56,812 + 48,354}{3} = 53,56 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_2 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{18,11 + 21,695 + 19,489}{3} = 19,76 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_3 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{11,215 + 9,744 + 11,767}{3} = 10,91 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_4 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{8,182 + 7,722 + 7,906}{3} = 7,94 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_5 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{6,067 + 4,321 + 4,964}{3} = 5,12 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_6 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{4,964 + 3,034 + 5,883}{3} = 4,63 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_7 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{3,861 + 3,126 + 4,045}{3} = 3,68 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_8 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{3,126 + 3,218 + 4,045}{3} = 3,46 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_9 = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{2,482 + 1,195 + 3,034}{3} = 2,24 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_{10} = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{1,931 + 1,471 + 2,39}{3} = 1,93 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_{11} = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{0,919 + 0,919 + 1,011}{3} = 0,95 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_{12} = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{0,46 + 0,46 + 0,919}{3} = 0,61 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\bar{w}_{13} = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{0,46 + 0,46 + 0,552}{3} = 0,49 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

3.1.3 Находим значение средней квадратической погрешности  ${}^nS$ :

$${}^nS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{w} - w_i)^2}{n - 1}}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} \quad (3.2.2)$$

$${}^nS_1 = \sqrt{\frac{(53,56 - 55,525)^2 + (53,56 - 56,812)^2 + (53,56 - 48,354)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 4,557 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$${}^nS_2 = \sqrt{\frac{(19,76 - 18,11)^2 + (19,76 - 21,695)^2 + (19,76 - 19,489)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 1,808 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_3} = \sqrt{\frac{(10,91 - 11,215)^2 + (10,91 - 9,744)^2 + (10,91 - 11,767)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 1,045 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_4} = \sqrt{\frac{(7,94 - 8,182)^2 + (7,94 - 7,722)^2 + (7,94 - 7,906)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,231 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_5} = \sqrt{\frac{(5,12 - 6,067)^2 + (5,12 - 4,321)^2 + (5,12 - 4,964)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,231 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_6} = \sqrt{\frac{(4,63 - 4,964)^2 + (4,63 - 3,034)^2 + (4,63 - 5,883)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,883 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_7} = \sqrt{\frac{(3,68 - 3,861)^2 + (3,68 - 3,126)^2 + (3,68 - 4,045)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 1,454 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_8} = \sqrt{\frac{(3,46 - 3,126)^2 + (3,46 - 3,218)^2 + (3,46 - 4,045)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,486 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_9} = \sqrt{\frac{(2,24 - 2,482)^2 + (2,24 - 1,195)^2 + (2,24 - 3,034)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,506 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_{10}} = \sqrt{\frac{(1,93 - 1,931)^2 + (1,93 - 1,471)^2 + (1,93 - 2,39)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,943 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_{11}} = \sqrt{\frac{(0,95 - 0,919)^2 + (0,95 - 0,919)^2 + (0,95 - 1,011)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,46 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_{12}} = \sqrt{\frac{(0,61 - 0,46)^2 + (0,61 - 0,46)^2 + (0,61 - 0,919)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,034 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$n_{S_{13}} = \sqrt{\frac{(0,49 - 0,46)^2 + (0,49 - 0,46)^2 + (0,49 - 0,552)^2}{3 - 1}} =$$

$$= 0,053 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} .$$

3.1.4 Находим подозрительное отклонение «подозрительного» измерения, выраженное в долях  $nS$ :

$$\vartheta_k = \left| \frac{\bar{w} - w_k}{n_S} \right|, \quad (3.2.3)$$

$$\begin{aligned} \vartheta_{k1} &= \left| \frac{53,56 - 55,525}{4,557} \right| = 0,43 ; \vartheta_{k2} = \left| \frac{19,76 - 18,11}{1,808} \right| = 0,915 ; \\ \vartheta_{k3} &= \left| \frac{10,91 - 11,215}{1,045} \right| = 0,293 ; \vartheta_{k4} = \left| \frac{7,94 - 8,18}{0,231} \right| = 1,06 ; \\ \vartheta_{k5} &= \left| \frac{5,12 - 6,067}{0,883} \right| = 1,075 ; \vartheta_{k6} = \left| \frac{4,63 - 4,964}{1,454} \right| = 0,232 ; \\ \vartheta_{k7} &= \left| \frac{3,68 - 3,861}{0,486} \right| = 0,378 ; \vartheta_{k8} = \left| \frac{3,46 - 3,126}{0,506} \right| = 0,666 ; \\ \vartheta_{k9} &= \left| \frac{2,24 - 2,482}{0,943} \right| = 0,26 ; \vartheta_{k10} = \left| \frac{1,93 - 1,93}{0,46} \right| = 0 ; \\ \vartheta_{k11} &= \left| \frac{0,95 - 0,919}{0,053} \right| = 0,577 ; \vartheta_{k12} = \left| \frac{0,61 - 0,46}{0,265} \right| = 0,577 ; \\ \vartheta_{k13} &= \left| \frac{0,49 - 0,46}{0,053} \right| = 0,577 ; \vartheta_{k14} = \left| \frac{53,56 - 56,812}{4,557} \right| = 0,713 ; \\ \vartheta_{k15} &= \left| \frac{19,76 - 21,695}{1,808} \right| = 1,067 ; \vartheta_{k16} = \left| \frac{10,91 - 9,744}{1,045} \right| = 1,114 ; \\ \vartheta_{k17} &= \left| \frac{7,94 - 7,722}{0,231} \right| = 0,927 ; \vartheta_{k18} = \left| \frac{5,12 - 4,321}{0,883} \right| = 0,902 ; \\ \vartheta_{k19} &= \left| \frac{4,63 - 3,034}{1,454} \right| = 1,096 ; \vartheta_{k20} = \left| \frac{3,68 - 3,126}{0,486} \right| = 1,134 ; \\ \vartheta_{k21} &= \left| \frac{3,46 - 3,218}{0,506} \right| = 0,484 ; \vartheta_{k22} = \left| \frac{2,24 - 1,195}{0,943} \right| = 1,104 ; \\ \vartheta_{k23} &= \left| \frac{1,93 - 1,471}{0,46} \right| = 1,0 ; \vartheta_{k24} = \left| \frac{0,95 - 0,919}{0,053} \right| = 0,577 ; \\ \vartheta_{k25} &= \left| \frac{0,61 - 0,46}{0,265} \right| = 0,577 ; \vartheta_{k26} = \left| \frac{0,49 - 0,46}{0,053} \right| = 0,577 ; \\ \vartheta_{k27} &= \left| \frac{53,56 - 48,354}{4,557} \right| = 1,143 ; \vartheta_{k28} = \left| \frac{19,76 - 19,489}{1,808} \right| = 0,152 ; \\ \vartheta_{k29} &= \left| \frac{10,91 - 11,767}{1,045} \right| = 0,821 ; \vartheta_{k30} = \left| \frac{7,94 - 7,906}{0,231} \right| = 0,132 ; \\ \vartheta_{k31} &= \left| \frac{5,12 - 4,964}{0,883} \right| = 0,173 ; \vartheta_{k32} = \left| \frac{4,63 - 5,883}{1,454} \right| = 0,864 ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vartheta_{k33} &= \left| \frac{3,68 - 4,045}{0,486} \right| = 0,756 ; \vartheta_{k34} = \left| \frac{3,46 - 4,045}{0,506} \right| = 1,15 ; \\ \vartheta_{k35} &= \left| \frac{2,24 - 3,034}{0,943} \right| = 0,844 ; \vartheta_{k36} = \left| \frac{1,93 - 2,39}{0,46} \right| = 1,0 ; \\ \vartheta_{k37} &= \left| \frac{0,95 - 1,011}{0,053} \right| = 1,155 ; \vartheta_{k38} = \left| \frac{0,61 - 0,919}{0,265} \right| = 1,155 ; \\ \vartheta_{k39} &= \left| \frac{0,49 - 0,552}{0,053} \right| = 1,155 .\end{aligned}$$

3.1.5 Найдем среднее квадратичное отклонение среднего арифметического (погрешность результата серии измерений):

$$^nS_{\bar{x}} = \frac{^nS}{\sqrt{n}}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \cdot \text{с} \quad (3.2.4)$$

$$^nS_{\bar{x}1} = \frac{4,557}{\sqrt{3}} = 2,631 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}2} = \frac{1,808}{\sqrt{3}} = 1,044 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}3} = \frac{1,045}{\sqrt{3}} = 0,604 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}4} = \frac{0,231}{\sqrt{3}} = 0,134 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}5} = \frac{0,883}{\sqrt{3}} = 0,51 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}6} = \frac{1,454}{\sqrt{3}} = 0,84 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}7} = \frac{0,486}{\sqrt{3}} = 0,281 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}8} = \frac{0,506}{\sqrt{3}} = 0,292 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}9} = \frac{0,943}{\sqrt{3}} = 0,545 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$^nS_{\bar{x}10} = \frac{0,460}{\sqrt{3}} = 0,265 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$${}^nS_{\bar{x}11} = \frac{0,053}{\sqrt{3}} = 0,031 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$${}^nS_{\bar{x}12} = \frac{0,265}{\sqrt{3}} = 0,153 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \cdot \text{с},$$

$${}^nS_{\bar{x}13} = \frac{0,053}{\sqrt{3}} = 0,031 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

3.1.6 Задаём доверительную вероятность  $\alpha$  и находим табличное значение коэффициента Стьюдента  $t(\alpha, n)$ :

$$\alpha = 0,95,$$

$$t(\alpha, n) = t(0,95; 3) = 4,3.$$

3.1.7 Находим  $\Delta w$ :

$$\Delta w = {}^nS_{\bar{x}} \cdot t(\alpha, n), \quad (3.2.5)$$

$$\Delta w_1 = 2,631 \cdot 4,3 = 11,313 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_2 = 1,044 \cdot 4,3 = 4,49 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_3 = 0,604 \cdot 4,3 = 2,595 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_4 = 0,134 \cdot 4,3 = 0,574 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_5 = 0,51 \cdot 4,3 = 2,193 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_6 = 0,84 \cdot 4,3 = 3,611 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_7 = 0,281 \cdot 4,3 = 1,208 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_8 = 0,292 \cdot 4,3 = 1,257 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_9 = 0,545 \cdot 4,3 = 2,342 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_{10} = 0,265 \cdot 4,3 = 1,141 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_{11} = 0,031 \cdot 4,3 = 0,132 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

$$\Delta w_{12} = 0,153 \cdot 4,3 = 0,659 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

$$\Delta w_{13} = 0,031 \cdot 4,3 = 0,132 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

3.1.8 Находим относительную погрешность результата серии измерений:

$$\delta_w = \frac{\Delta w}{\bar{w}}, \quad (3.2.6)$$

$$\delta_{w1} = \frac{11,313}{53,564} = 0,211, \quad \delta_{w2} = \frac{4,49}{19,765} = 0,227,$$

$$\begin{aligned}
\delta_{w3} &= \frac{2,595}{10,909} = 0,238, & \delta_{w4} &= \frac{0,574}{7,937} = 0,072, \\
\delta_{w5} &= \frac{2,193}{5,117} = 0,429, & \delta_{w6} &= \frac{3,611}{4,627} = 0,78, \\
\delta_{w7} &= \frac{1,208}{3,677} = 0,328, & \delta_{w8} &= \frac{1,257}{3,463} = 0,363, \\
\delta_{w9} &= \frac{2,342}{2,237} = 1,047, & \delta_{w10} &= \frac{1,141}{1,931} = 0,591, \\
\delta_{w11} &= \frac{0,132}{0,95} = 0,139, & \delta_{w12} &= \frac{0,659}{0,613} = 1,075, \\
\delta_{w13} &= \frac{0,132}{0,49} = 0,269.
\end{aligned}$$

3.1.9 Записываем результат в виде:

$$\begin{aligned}
w &= \bar{w} \pm \Delta w, & (3.2.7) \\
w_1 &= (53,56 \pm 11,313), & w_2 &= (19,76 \pm 4,49), \\
w_3 &= (10,909 \pm 2,595), & w_4 &= (7,937 \pm 0,574), \\
w_5 &= (5,117 \pm 2,193), \\
w_6 &= (4,627 \pm 3,611), & w_7 &= (3,677 \pm 1,208), \\
w_8 &= (3,463 \pm 1,257), & w_9 &= (2,237 \pm 2,342), \\
w_{10} &= (1,931 \pm 1,141), & w_{11} &= (0,95 \pm 0,132), \\
w_{12} &= (0,613 \pm 0,659), & w_{13} &= (0,49 \pm 0,132).
\end{aligned}$$

Таким образом, были проведены расчёты погрешности измерений для трех сортов биомассы – кедр, ель, и сосна в диапазоне температур от 333 К до 393 К. Результаты расчётов представлены в приложениях Б,В.

## 3.2 Результаты расчёта парциального давления и коэффициента аккомодации

### 3.2.1 Плотность сухого воздуха в помещении:

$$\rho_{с.в.} = \frac{B - \varphi \cdot P_s}{\frac{R}{M} \cdot T} = \frac{101325 - 0,5 \cdot 3170}{\frac{8314}{29} \cdot 373} = 0,9327 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

### 3.2.2 Масса сухого воздуха:



$$m_{\text{с.в.}} = \rho_{\text{с.в.}} \cdot V = 0,9327 \cdot 0,36 = 0,3358 \text{ кг.}$$

3.2.3 Влагосодержание влажного воздуха:

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_s}{B - \varphi \cdot P_s} = 0,622 \cdot \frac{0,5 \cdot 3170}{101325 - 0,5 \cdot 3170} = 0,00988.$$

3.2.4 Масса испарившейся влаги в начальный момент времени в сушильной камере:

$$m_{H_2O(0)} = d \cdot m_{\text{с.в.}} = 0,00988 \cdot 0,3358 = 0,003319.$$

3.2.5 Зная массу испарившейся влаги в начальный момент и массу испарившейся влаги с образца, мы можем найти общую массу влаги в камере:

$$m_{H_2O(1)} = \Delta m + m_{H_2O(0)} = 0,005827 + 0,003319 = 0,009146,$$

$$m_{H_2O(2)} = 0,002150 + 0,003319 = 0,005469,$$

$$m_{H_2O(3)} = 0,001187 + 0,003319 = 0,004506,$$

$$m_{H_2O(4)} = 0,000863 + 0,003319 = 0,00418,$$

$$m_{H_2O(5)} = 0,000557 + 0,003319 = 0,003876,$$

$$m_{H_2O(6)} = 0,000503 + 0,003319 = 0,0038223,$$

$$m_{H_2O(7)} = 0,000400 + 0,003319 = 0,003719,$$

$$m_{H_2O(8)} = 0,000377 + 0,003319 = 0,003696,$$

$$m_{H_2O(9)} = 0,000243 + 0,003319 = 0,00356,$$

$$m_{H_2O(10)} = 0,000210 + 0,003319 = 0,003529,$$

$$m_{H_2O(11)} = 0,000103 + 0,003319 = 0,0034223,$$

$$m_{H_2O(12)} = 0,000067 + 0,003319 = 0,0033856,$$

$$m_{H_2O(13)} = 0,000053 + 0,003319 = 0,0033723.$$

3.2.6 Далее, так же из уравнения состояния находим молекулярную массу влажного воздуха:

$$M_1 = \frac{m_{H_2O} + \left[ \frac{p \cdot V}{R \cdot T} - \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} \right] \cdot M_{\text{с.в.}}}{\frac{p \cdot V}{R \cdot T}} =$$

$$= \frac{0,009146 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,009146}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,525 \text{ г/моль},$$

$$M_2 = \frac{0,005469 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,005469}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,716 \text{ г/моль},$$

$$M_3 = \frac{0,004506 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,004506}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,766 \text{ г/моль},$$

$$M_4 = \frac{0,00418 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,00418}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,783 \text{ г/моль},$$

$$M_5 = \frac{0,003876 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003876}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,799 \text{ г/моль},$$

$$M_6 = \frac{0,0038223 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0038223}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,802 \text{ г/моль},$$

$$M_7 = \frac{0,003719 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003719}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,807 \text{ г/моль},$$

$$M_8 = \frac{0,003696 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003696}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,808 \text{ г/моль},$$

$$M_9 = \frac{0,00356 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,00356}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,815 \text{ г/моль},$$

$$M_{10} = \frac{0,003529 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003529}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,817 \text{ г/моль},$$

$$M_{11} = \frac{0,0034223 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0034223}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,822 \text{ г/моль},$$

$$M_{12} = \frac{0,0033856 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0033856}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,824 \text{ г/моль},$$

$$M_{13} = \frac{0,0033723 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0033723}{18} \right] \cdot 29}{\frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373}} = 28,825 \text{ г/моль}.$$

3.2.7 Массовые доли водяного пара находятся по формуле:

$$g_{H_2O(1)} = \frac{m_{H_2O}}{m_{H_2O} + \left[ \frac{p \cdot V}{R \cdot T} - \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} \right] \cdot M_{\text{с.в.}}} =$$

$$= \frac{0,009146}{0,009146 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,009146}{18} \right] \cdot 29} = 0,02723,$$

$$g_{H_2O(2)} = \frac{0,005469}{0,005469 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,005469}{18} \right] \cdot 29} = 0,01618,$$

$$g_{H_2O(3)} = \frac{0,004506}{0,004506 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,004506}{18} \right] \cdot 29} = 0,01330,$$

$$g_{H_2O(4)} = \frac{0,00418}{0,00418 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,00418}{18} \right] \cdot 29} = 0,01234,$$

$$g_{H_2O(5)} = \frac{0,003876}{0,003876 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003876}{18} \right] \cdot 29} = 0,01143,$$

$$g_{H_2O(6)} = \frac{0,0038223}{0,0038223 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0038223}{18} \right] \cdot 29} = 0,01127,$$

$$g_{H_2O(7)} = \frac{0,003719}{0,003719 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003719}{18} \right] \cdot 29} = 0,01097,$$

$$g_{H_2O(8)} = \frac{0,003696}{0,003696 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003696}{18} \right] \cdot 29} = 0,01090,$$

$$g_{H_2O(9)} = \frac{0,00356}{0,00356 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,00356}{18} \right] \cdot 29} = 0,01050,$$

$$g_{H_2O(10)} = \frac{0,003529}{0,003529 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,003529}{18} \right] \cdot 29} = 0,01009,$$

$$g_{H_2O(11)} = \frac{0,0034223}{0,0034223 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0034223}{18} \right] \cdot 29} = 0,00998,$$

$$g_{H_2O(12)} = \frac{0,0033856}{0,0033856 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0033856}{18} \right] \cdot 29} = 0,00994,$$

$$g_{H_2O(13)} = \frac{0,0033723}{0,0033723 + \left[ \frac{101418 \cdot 0,36}{8314 \cdot 373} - \frac{0,0033723}{18} \right] \cdot 29} = 0,00978.$$

3.2.8 Объемные доли водяного пара:

$$r_{H_2O(1)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,02723 \cdot 28,525}{18} = 0,04316,$$

$$r_{H_2O(2)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01618 \cdot 28,716}{18} = 0,02581,$$

$$r_{H_2O(3)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01330 \cdot 28,766}{18} = 0,02126,$$

$$r_{H_2O(4)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01234 \cdot 28,783}{18} = 0,01974,$$

$$r_{H_2O(5)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01143 \cdot 28,799}{18} = 0,01829,$$

$$r_{H_2O(6)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01127 \cdot 28,802}{18} = 0,01804,$$

$$r_{H_2O(7)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01097 \cdot 28,807}{18} = 0,01755,$$

$$r_{H_2O(8)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01090 \cdot 28,808}{18} = 0,01744,$$

$$r_{H_2O(9)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01050 \cdot 28,815}{18} = 0,01681,$$

$$r_{H_2O(10)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,01009 \cdot 28,817}{18} = 0,01665,$$

$$r_{H_2O(11)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,00998 \cdot 28,822}{18} = 0,01615,$$

$$r_{H_2O(12)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,00994 \cdot 28,824}{18} = 0,01598,$$

$$r_{H_2O(13)} = \frac{g_{H_2O} \cdot M}{M_{H_2O}} = \frac{0,00978 \cdot 28,825}{18} = 0,01591.$$

3.2.9 Теперь зная объемные доли испарившейся влаги и давление насыщенного пара, мы можем найти парциальное давление:

$$P_{H_2O(1)} = r_{H_2O} \cdot P_H = 0,04316 \cdot 101418 = 4376,80 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(2)} = 0,02581 \cdot 101418 = 2617,27 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(3)} = 0,02126 \cdot 101418 = 2156,25 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(4)} = 0,01974 \cdot 101418 = 2001,51 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(5)} = 0,01829 \cdot 101418 = 1854,75 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(6)} = 0,01804 \cdot 101418 = 1829,23 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(7)} = 0,01755 \cdot 101418 = 1779,77 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(8)} = 0,01744 \cdot 101418 = 1768,61 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(9)} = 0,01681 \cdot 101418 = 1704,80 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(10)} = 0,01665 \cdot 101418 = 1688,85 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(11)} = 0,01615 \cdot 101418 = 1637,80 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(12)} = 0,01598 \cdot 101418 = 1620,25 \text{ Па},$$

$$P_{H_2O(13)} = 0,01591 \cdot 101418 = 1613,87 \text{ Па}.$$

3.2.10 Зная парциальное давление и скорость испарения жидкости из образцов биомассы находим коэффициент аккомодации из уравнения Герца-Кнудсена:

$$A_1 = \frac{W_{\text{исп.}} \cdot \sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}}{(p^H - p^*)} = \frac{53,56 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,525}}}{(101418 - 4376,80)} = 4,56 \cdot 10^{-6},$$

$$A_2 = \frac{19,76 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,716}}}{(101418 - 2617,27)} = 1,65 \cdot 10^{-6},$$

$$A_3 = \frac{10,91 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,766}}}{(101418 - 2156,25)} = 0,90 \cdot 10^{-6},$$

$$A_4 = \frac{7,94 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,783}}}{(101418 - 2001,51)} = 0,66 \cdot 10^{-6},$$

$$A_5 = \frac{5,12 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,799}}}{(101418 - 1854,75)} = 0,42 \cdot 10^{-6},$$

$$A_6 = \frac{4,63 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,802}}}{(101418 - 1829,23)} = 0,38 \cdot 10^{-6},$$

$$A_7 = \frac{3,68 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,807}}}{(101418 - 1779,77)} = 0,30 \cdot 10^{-6},$$

$$A_8 = \frac{3,46 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,808}}}{(101418 - 1768,61)} = 0,29 \cdot 10^{-6},$$

$$A_9 = \frac{2,24 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,815}}}{(101418 - 1704,80)} = 0,18 \cdot 10^{-6},$$

$$A_{10} = \frac{1,93 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,817}}}{(101418 - 1688,85)} = 0,16 \cdot 10^{-6},$$

$$A_{11} = \frac{0,95 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,822}}}{(101418 - 1637,80)} = 0,08 \cdot 10^{-6},$$

$$A_{12} = \frac{0,61 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,824}}}{(101418 - 1620,25)} = 0,05 \cdot 10^{-6},$$

$$A_{13} = \frac{0,49 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8314 \cdot 373}{28,825}}}{(101418 - 1613,87)} = 0,04 \cdot 10^{-6}.$$

Результаты расчётов представлены в приложении Г.

## 4. Анализ полученных результатов

### 4.1 Анализ зависимости скорости испарения от времени

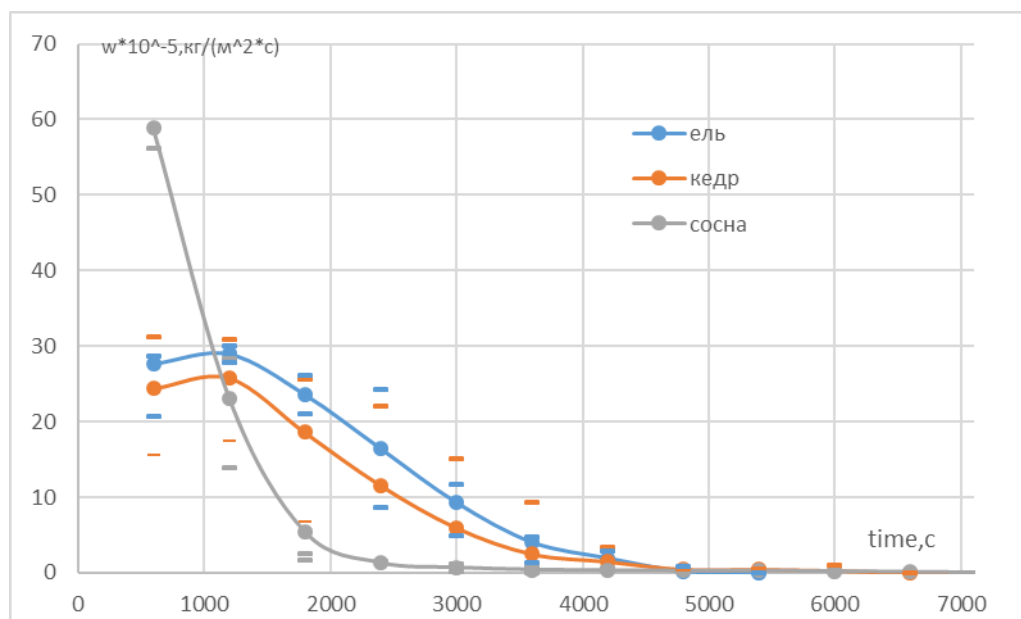


Рисунок 4.1 – Зависимость скорости испарения от времени при  $T=393 \text{ К}$

Как видно из полученных зависимостей, после определенного промежутка времени скорость испарения образцов понижается, что характеризует удаление свободной влаги, покрывающей поверхность материала. Повышение скорости испарения перед наступлением второго периода объясняется тем, что вместе со свободной влагой начинает испаряться и связанная, что увеличивает общую скорость испарения. Зависимость скорости испарения от времени при температурах 333-373 К имеет более линейную зависимость, чем при температуре 393 К.

Как видно из полученных зависимостей максимальная скорость испарения влаги у ели, минимальная – у сосны. Это объясняется тем, что плотность ели ниже плотности остальных образцов. Из чего следует, что сушка биомассы состоящей из ели производится при меньших временных и энергетических затратах. Помимо этого, температура, при которой достигается наибольшая скорость испарения за 80 минут сушки - 393 К, за 150 минут сушки – 373 К.



#### 4.2 Зависимость скорости испарения от времени иголок и веток

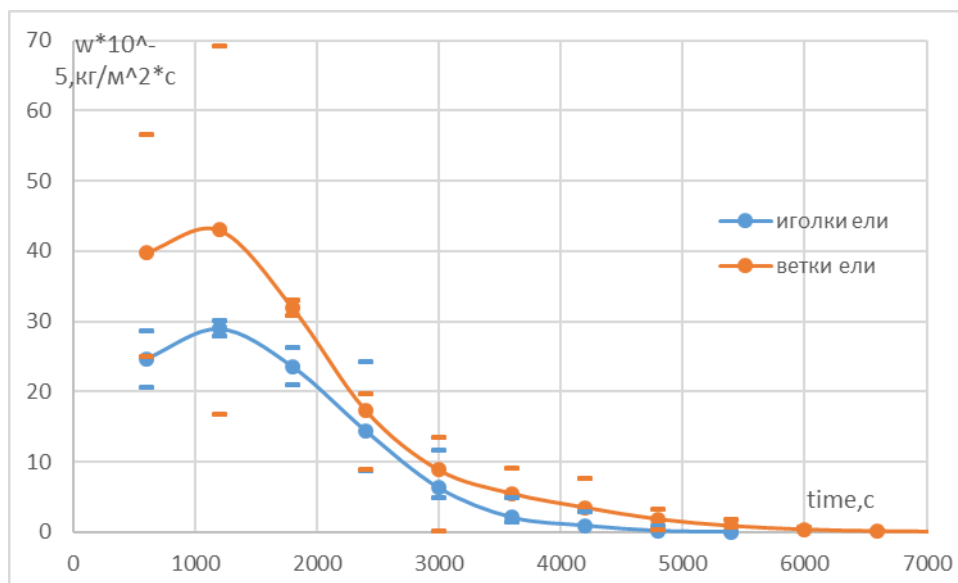


Рисунок 4.2 – Зависимость скорости испарения от времени иголок и веток

Как видно из полученных зависимостей скорость испарения образцов веток больше, чем у иголок. Это характеризует тот факт, что в ветках содержится больше связанной влаги, чем у иголок.

## 5. Социальная ответственность

### Введение

Социальная ответственность и охрана труда являются важнейшими составляющими любой деятельности, в особенности производственной, т.к. непосредственно связаны со здоровьем и жизнью человека.

Социальная ответственность – принцип, который должен лежать в основе бизнеса для обеспечения благополучия общества. Корпоративная социальная ответственность — это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы, а индивидуальная возлагает на себя ответственность за деяние одного человека.

К вопросам социальной ответственности на производстве относятся работы по охране труда, окружающей среды и в чрезвычайных ситуациях. Охрана труда – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (ч. 1 ст.209 ТК).

Одним из перспективных методов получения топлив из возобновляемых биоресурсов является переработка древесных отходов.

При выполнении выпускной квалификационной работы, большую часть времени приходилось проводить в лаборатории 4-го корпуса №107 за выполнением экспериментов в сушильном шкафу типа SU 32 и набором магистерской диссертации на компьютере. В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с охраной труда и техникой безопасности людей, работающих в данной лаборатории.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организация рабочего места проводится согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5]. Неправильно организованное рабочее место может привести к негативному влиянию на организм человека. Объем рабочего места, где находится рабочее место разработчика составляет  $95,2 \text{ м}^3$ , при ширине равной  $5,2 \text{ м}$ , длине  $6,1 \text{ м}$  и высоте помещения  $3 \text{ м}$ . Площадь, соответственно равна  $31,7 \text{ м}^2$ . На одного человека приходится около  $47,6 \text{ м}^3$  объема помещения и  $15,85 \text{ м}^2$  площади, что удовлетворяет СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5] согласно которым на 1 рабочее место должно быть предусмотрена площадь не менее  $6 \text{ м}^2$  и объем не менее  $24 \text{ м}^3$ .

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии  $600\text{-}700$ , но не ближе  $500 \text{ мм}$ . Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей. Высота рабочей поверхности должна регулироваться в пределах  $680\text{-}800 \text{ мм}$ . Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной и удобной позы. Должна позволять изменять позу для с целью снижения статических напряжений мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать ширину и глубину поверхности сиденья не менее  $400 \text{ мм}$  [5].

Трудовым законодательством предусмотрен 8 часовой рабочий день (с  $8:00 - 17:00$ ) с перерывом на обед в интервале с  $12:00\text{-}13:00$ . Также СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5] вводит понятие суммарного времени перерывов при работе за ПК. Совокупная продолжительность перерывов должна составлять при 8-ми часовом рабочем дне – от  $50$  до  $90$  минут. При 12-часовом от  $80$  до  $140$  минут.

Каждый работник должен иметь обязательное социальное страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Работнику должны выдаваться средства индивидуальной защиты (термостойкие перчатки).

Эргономические требования к рабочему месту при работе за ПК СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5]:

1. Ширина рабочего стола должна быть от 80 до 140 см;
2. Глубина рабочего стола – от 80 до 100 см;
3. Высота рабочего стола – 7, 25 см;
4. Расстояние от глаз до монитора – от 60 до 70 см;
5. Расстояние клавиатуры от края стола – от 10 до 30 см.

## 5.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы труда, определяются необходимые меры защиты персонала, а также проводится оценка условий труда и микроклимата среды. Предоставляются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

При работе за компьютером возникает группа факторов, которая существенно снижает производительность труда. К ним можно отнести: воздействие вредных излучений от монитора и компьютера, воздействие электромагнитного поля, уровень шума, стесненная поза, микроклимат помещения, режим работы, умственное перенапряжение, повышенная температура поверхности камеры сгорания. Все факторы представлены в табл 5.1.

Таблица 5.1 – возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [6]
2.Превышение уровня шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [7]
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	-	СП 52.13330.2016 [8]
4.Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	-	СанПиН 2.2.2/2.4.13 40-03 [5]
5.Повышенный уровень статического электричества	+	+	-	СанПиН 2.2.2/2.4.13 40-03 [5]

## 5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

### 5.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат определяется действующим на организм человека сочетанием температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения нагретых поверхностей. В основном он влияет на тепловое состояние организма и его теплообмен с окружающей средой.

К основным показателям, характеризующим микроклимат относят [6]:

1.Температура воздуха в помещении. Она должна составлять от 19-21 °С.

2.Относительная влажность воздуха. Она должна составлять от 52 до 62 %.

3. Скорость движения воздушных масс. В помещении скорость воздуха не должна превышать 0,1 м/с.

Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия:

1. Устанавливать системы местного кондиционирования;
2. Применять воздушное душирование;
3. Компенсировать неблагоприятное воздействие одного параметра микроклимата изменением другого;
4. Спецодежда и другие средства индивидуальной защиты;
5. Помещения для отдыха и обогрева и др.

При контакте тела человека с поверхностью высокой температуры возможно получить термический ожог I, II, III степени в зависимости от температуры поверхности и времени соприкосновения.

Во избежание получения термического ожога необходимо пользоваться термостойкими перчатками и соблюдать меры безопасности (не отвлекаться при проведении эксперимента, находиться на безопасном расстоянии от сушильного шкафа, в начале проведения эксперимента необходимо проверить исправность оборудования).

#### 5.2.1.2 Превышение уровня шума

К числу неблагоприятных факторов при выполнении работы за компьютером относится шум. При длительном воздействии на организм человека шум вызывает снижение остроты зрения и слуха, повышается кровяное давление, снижается внимание. Особенно вредно шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы. Основным источником шума при работе за ПК являются питающие устройства и другие технические элементы. Уровень шума исправного современного компьютера находится в пределах от 35 до 50 дБА. Уровень шума компьютера, за которым происходят исследования составляет около 48 дБА. Этот показатель удовлетворяет требованию ГОСТ 12.1.003-2014 [7].

Для уменьшения уровня шума от компьютера необходимо принять специальные меры:

1. Установить менее шумные вентиляторы;
2. Установить систему охлаждения на прорезиненные амортизаторы;
3. Периодически очищать компьютер от пыли и смазывать роторы вентилятора.

#### 5.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [9] недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности исследователя.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Освещение помещения при работе за ПК всегда должно иметь два типа подсветки:

1. Естественная;
2. Искусственная.

Наличие естественной подсветки в аудитории №107 обеспечивают световые проемы. Искусственное освещение помещения осуществляется с помощью люминесцентных ламп. Норма освещенности согласно СП 52.13330.2016 [8] для офисов общего назначения с использованием компьютера составляет около 300 Лк.

Для зрительного комфорта необходимо:

1. Подбирать осветительные приборы подходящей яркости;
2. Соблюдать однородность света;
3. Минимизировать блики и мерцание;

4. Подбирать нужную контрастность света.

#### 5.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

При работе за компьютером возникают электромагнитные поля (ЭМП). Электромагнитное поле оказывает биологическое воздействие на организм человека (влияет на нервную систему, сердечно-сосудистую, иммунную, эндокринную и половую). Последствия длительного воздействия электромагнитного поля могут быть следующие: повышенная утомляемость, головная боль, сонливость, боль в области сердца, гипертония, нарушение условно-рефлекторной деятельности, изменения межнейронных связей.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5] напряженность ЭМП на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:

1. 5 Гц-2 кГц в диапазоне низких частот (25 В/м);
2. 2-400 кГц в диапазоне высоких частот (2,5 В/м).

Компьютер, на котором проводится численное исследование поддерживает международный стандарт ТСО 95. Согласно которому величина излучение составляет:

1. 5 Гц-2 кГц в диапазоне низких частот (10 В/м);
2. 2-400 кГц в диапазоне высоких частот (1 В/м).

Уровень излучения не превышает установленных норм.

#### 5.2.1.5 Повышенный уровень статического электричества

При работе монитора на экране кинескопа накапливается электростатический заряд, создающий электростатическое поле. При этом люди, работающие с монитором, приобретают электростатический потенциал. Это оказывает влияние на центральную нервную систему, может привести к нетрудоспособности. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5] электростатический потенциал в рабочей зоне не должен превышать 500 В. Согласно международному стандарту ТСО 95 мониторы имеют



электростатический потенциал не более 500 В. Это соответствует требованиям безопасности.

#### 5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Для уменьшения влияния негативного воздействия микроклимата необходимо в холодный период года установить дополнительные источники тепла, т.к. температура внутри помещения не соответствует требуемой.

Так как уровень шума в аудитории не превышает допустимого, то применять соответствующие меры нецелесообразно.

Для улучшения освещенности рабочего места необходимо увеличить мощность применяемых ламп или установить дополнительные источники искусственного света.

Так как воздействие электромагнитного поля и электростатического потенциала не превышает требуемого, то применять соответствующие меры нецелесообразно.

При работе за компьютером необходимо соблюдать рекомендации, а именно:

1. Ставить ступни ног на пол под углом 90 градусов между коленом и бедром, спина должна быть прямой;
2. Необходимо плотно прижиматься к спинке стула;
3. Верхняя треть экрана монитора должна находиться на уровне глаз;
4. Каждые 30 минут менять положение тела;
5. При длительной работе за компьютером необходимо давать отдых глазам и выполнять зрительную гимнастику.

#### 5.3. Экологическая безопасность

Загрязнение окружающей среды – изменение естественного состава элементов окружающей среды (воздуха, воды, земель и лесов) в результате деятельности человека. Оно приводит к ухудшению условий жизни населения, существования животного и растительного мира.

Наиболее активная форма защиты окружающей среды является безотходная технология или правильная утилизация бытовых предметов и оргтехники.

Основным устройством, оказывающим влияние на окружающую среду при разработке объекта исследования, является компьютер. Своевременная утилизация и последующая переработка техники позволит сократить загрязнение окружающей среды выбросами, такими как металлы, пластик и др. Также правильная утилизация должна предусматриваться для люминесцентных ламп, применяющихся в осветительных приборах при разработке объекта исследования. Специальная утилизация должна быть предусмотрена для экспериментальной установки и ее составляющих (высокоскоростная камера, амперметр и др.).

#### 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При работе за компьютерами имеется несколько фактов возникновения которых приводит к чрезвычайным последствиям.

##### 5.4.1 Поражение человека электрическим током

При использовании средств вычислительной техники и периферийного оборудования каждый работник должен внимательно и осторожно обращаться с электропроводкой, приборами и аппаратами.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

1. При прикосновении к токоведущим частям;
2. При однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
3. При прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением;
4. При возможном коротком замыкании.

Для предупреждения электротравматизма необходимо соблюдать следующие мероприятия:

1. Прикасаться к экранам и тыльной стороне блока питания компьютера;
2. Работать на средствах вычислительной техники мокрыми руками;
3. Работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе;
4. Класть на средства вычислительной техники и периферийном оборудовании посторонние предметы;
5. Очищать от пыли электрооборудование, находящееся под напряжением.

Для обеспечения электробезопасности также необходимо соблюдать требования:

1. Все ПК и подключенное к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети;
2. Корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
3. Для отключения ПК должен использоваться отдельный щит с автоматами защиты и общим рубильником;
4. Все соединения ЭВМ и внешнего оборудования должны производиться при отключенном электропитании.

Необходимые меры при поражении человека электрическим током:

1. Обесточить пострадавшего (надеть диэлектрические перчатки; отключить электрооборудование; освободить пострадавшего от действия электрического тока; оттащить на 4 метра и положить на диэлектрический коврик);
2. Вызвать скорую помощь, оставаясь с пострадавшим или начать оказывать доврачебную помощь;

3. Оказать помощь в виде реанимационных мероприятий, обработки ран, в зависимости от последствий воздействия.

#### 5.4.2 Пожарная безопасность

При работе за компьютером не исключена опасность различного рода возгораний. При протекании электрического тока по проводам происходит повышение температуры отдельных узлов. При этом возможны оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение и, как следствие, короткое замыкание, сопровождаемое искрением, которое ведет к недопустимым перегрузкам элементов электронных схем. Известно, что для отвода избыточной теплоты применяют систему вентиляции и кондиционирования. Однако, они также могут стать источниками распространения возгорания.

Для предотвращения возникновения пожара в аудитории необходимо проводить следующие мероприятия:

1. Пожарно-профилактические мероприятия;
2. Противопожарный инструктаж, обучение техники безопасности и поведения при пожаре;
3. Соблюдение эксплуатационных мер оборудования;
4. Установка локальных средств пожаротушения (огнетушитель, пожарные краны) и обеспечение свободного подхода к оборудованию пожаротушения;
5. Оборудование системами звуковой и световой сигнализацией;
6. Установка систем автоматического пожаротушения.

Необходимые меры при возникновении чрезвычайной ситуации:

1. При возникновении пожара необходимо обратиться в пожарную часть;
2. При небольшом возгорании необходимо попытаться потушить пожар самостоятельно (при работе за электроприборами пожар необходимо

потушить огнетушителем углекислотного типа ОУ-2 или порошкового типа ОП-5);

3. Предупредить о пожаре остальных людей;
4. Покинуть помещение при значительном распространении пожара в соответствии с планом эвакуации;
5. При значительном задымлении путей эвакуации дышать через влажную ткань;
6. При невозможности покинуть помещение – остаться в комнате, закрыв окна и двери, привлекать внимание очевидцев через стекло.

При проведении экспериментального исследования возможной чрезвычайной ситуацией является пожар, возникший в следствие короткого замыкания электропроводки камеры сгорания.

Для предотвращения возникновения опасного фактора необходимо четко следовать инструкции по эксплуатации камеры сгорания.

При возникновении чрезвычайной ситуации необходимо следовать инструкции изложенной ранее.

### 5.5 Заключение по разделу

В разделе социальная ответственность проанализированы вредные и опасные факторы труда, оказывающие влияние на человека при проведении экспериментального исследования. Оценены условия труда и их соответствие нормативной документации. Разработаны мероприятия по снижению уровня воздействия вредных и опасных факторов. Перечислены основные факторы, приводящие к чрезвычайным ситуациям, а также разработаны меры поведения при возникновении ЧП.

## 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью выполнения данного раздела является экономическое обоснование выпускной квалифицированной работы. Оценка является комплексной и произведена в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектов, т.к. проведение экспериментальных исследований скорости испарения жидкости из хвойной биомассы, требует привлечения финансовых затрат и других ресурсов, которые должны быть экономически оправданы и целесообразны.

Первоначально производится организация и планирование работ, куда включается определение этапов работы и их трудоемкости.

### 6.1 Определение перечня работ и оценка времени на их выполнение

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально спланировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Изначально составляется полный перечень проводимых работ и определяются их исполнители (студент, научный руководитель). Сведения об этапах, их продолжительности и сотрудниках, работающих над выполнением проекта, представлены в таблице 6.1. Работа над проектом осуществляется силами двоих человек: НР – научный руководитель; С – студент.

Таблица 6.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ п/п	Этапы работы	Исполнители	Длительность работы, дни
1	Формулирование задачи	НР	5
2	Поиск и изучение литературных источников	С	60
3	Разработка методики	НР	7

	проведения экспериментальных исследований	С	7
4	Сборка и установка оборудования	НР	1
		С	5
5	Подготовка образцов хвойной биомассы	С	14
6	Проведение серии экспериментальных исследований	С	90
7	Обработка экспериментальных исследований	НР	1
		С	21
8	Анализ полученных результатов	НР	2
		С	7
9	Работа над разделом «Социальная ответственность»	С	7
10	Работа над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С	7
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	С	7
12	Проверка расчетно-пояснительной записки и исправление ошибок	НР	1
		С	5
13	Сдача расчетно-пояснительной записки руководителю	С	1
Итого:		НР	17
		С	231

Для более наглядной иллюстрации выполнения задач сведем таблицу в диаграмму Ганта (рис.6.1). Диаграмма Ганта — инструмент планирования и управления задачами, изобретенный инженером Генри Ганттом в 1910 году. Диаграмма состоит из полос, ориентированных вдоль оси времени. Каждой полосе соответствует задача из списка слева. При этом задачи располагаются последовательно.

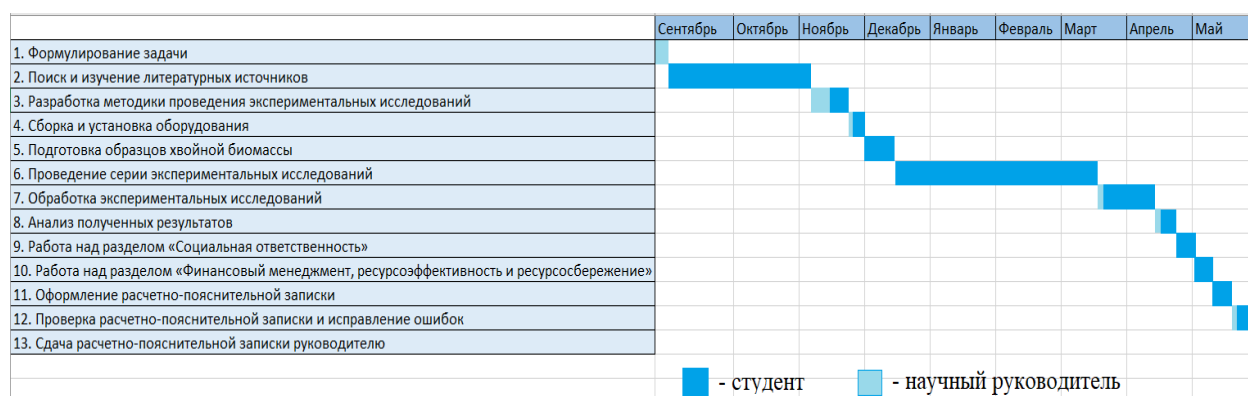


Рисунок 6.1 – Диаграмма Ганта

## 6.2 Смета затрат на проект

Суммарные затраты на разработку темы или договорная цена на выполнение работы будет рассчитываться:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о.}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}},$$

где  $K_{\text{мат}}$  — материальные затраты, руб,  $K_{\text{ам}}$  — амортизация компьютерной техники, руб,  $K_{\text{з/пл}}$  — затраты на заработную плату, руб,  $K_{\text{с.о.}}$  — затраты на социальные нужды, руб,  $K_{\text{пр}}$  — прочие затраты, руб,  $K_{\text{накл}}$  — накладные расходы, руб.

### 6.2.1 Материальные затраты

В данной работе под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на образцы экспериментов. Принимаем в размере 3 образца по 300 рублей, а также 100 рублей на перчатки получаем  $K_{\text{мат}} = 1000$  руб.

### 6.2.2 Амортизация компьютерной техники

Амортизация показывает уменьшение стоимости компьютерной техники, на которой выполнялась работа, вследствие ее износа.



Амортизация компьютерной техники рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}},$$

где  $T_{\text{исп.кт}}$  – время использования компьютерной техники,  $T_{\text{кал}}$  – календарное время (365 дней),  $C_{\text{кт}}$  – цена компьютерной техники, руб,  $T_{\text{сл}}$  – срок службы компьютерной техники ( 5 лет).

$$K_{\text{ам}} = \frac{162}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 2\,219 \text{ руб.}$$

#### 6.2.3 Затраты на заработную плату:

Затраты на заработную плату включают в себя выплаты инженеру, разрабатывающему проект, а также научному руководителю и рассчитываются как:

$$ЗП = ЗП_0 \cdot k_1 \cdot k_2,$$

где  $ЗП_0$  – заработная плата за месяц, руб,  $k_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск (10%),  $k_2$  – районный коэффициент (30%).

Заработная плата инженера:

$$ЗП_{\text{ст}} = ЗП_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб}$$

Заработная плата научного руководителя:

$$ЗП_{\text{НР}} = ЗП_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб}$$

Рассчитаем заработную плату за количество отработанных дней по факту:

$$ЗП_{\text{ст}}^n = \frac{ЗП_{\text{ст}}}{21} \cdot n = \frac{24310}{21} \cdot 117 = 135\,441 \text{ руб}$$

$$ЗП_{\text{НР}}^n = \frac{ЗП_{\text{ст}}}{21} \cdot n = \frac{37609}{21} \cdot 8 = 14\,327 \text{ руб}$$

Фонд заработной платы:

$$\Phi ЗП = K_{\text{з/пл}} = ЗП_{\text{ст}} + ЗП_{\text{НР}} = 135\,441 + 14\,327 = 149\,768 \text{ руб.}$$

#### 6.2.4 Затраты на социальные нужды:

Затраты на социальные нужды принимаются как 30,2 % от затрат на заработную плату, они включают в себя отчисления в Фонд социального

страхования Российской Федерации, Пенсионный фонд Российской Федерации, Государственный фонд занятости населения Российской Федерации и фонды обязательного медицинского страхования.

$$K_{c.o.} = 0,302 \cdot K_{з/пл} = 0,302 \cdot 149768 = 45229,9 \text{ руб.}$$

#### 6.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$K_{пр} = 0,1 \cdot (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{со}) = 0,1 \cdot (1000 + 2219 + 149\,768 + 45229,9) = 20091,2 \text{ руб.}$$

#### 6.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – дополнительные к основным затратам расходы, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с управлением, обслуживанием, содержанием и эксплуатацией оборудования. Накладные расходы принимаются в размере 70 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала.

$$K_{накл} = 2 \cdot K_{\frac{з}{пл}} = 0,7 \cdot 149\,768 = 104\,837,6 \text{ руб.}$$

В таблице 6.2 представлена смета затрат на проект.

Таблица 6.2 – Смета расходов на выполнение НИР

Элементы затрат	Стоимость, руб
Материальные затраты	1000
Амортизация КТ	2219
Заработная плата	149 768
Социальные отчисления	45229,9
Прочие затраты	20091,2
Накладные расходы	104837,6
Итого:	323145,7

### 6.3 Анализ полученных результатов

В настоящее время не существует экспериментальных исследований скорости испарения влаги из биомассы, следовательно, нет сопоставленных теоретических и практических сведений. Исходя из этого, исследование процесса сушки хвойной биомассы является актуальной задачей. В результате проведенных экспериментальных исследований получены и проанализированы зависимости массовой скорости испарения от температуры жидкости, массовой скорости испарения от времени испарения. А также проведен расчет парциального давления и коэффициента аккомодации. Найденный экспериментальным путем коэффициент аккомодации в дальнейшем можно использовать при математическом моделировании процессов тепло – и массопереноса при сушке влажной древесины. Т.к. справочных значений коэффициента аккомодации не существует.

## Заключение

В рамках магистерской диссертации было проведено теоретическое исследования процесса влагоудаления из лесного горючего материала. Также разработаны рекомендации для проведения эксперимента, которые позволят организовать процесс сушки биомассы.

Во время выполнения работы получены экспериментальные зависимости скорости испарения жидкости из хвойной биомассы от диапазона температур 333-393 К и времени, позволяющие выбрать наиболее экономичный режим обезвоживания биомассы. Проведен расчет коэффициента аккомодации  $(0,1-24,05) \cdot 10^{-6}$  при заданных параметрах сушки и найдено парциальное давление. Проведена оценка результатов экспериментальных данных согласно теории инженерного эксперимента.

Так же выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». В разделе «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» составлен перечень работ и произведена оценка времени их выполнения, составлена смета затрат на проект, составлена смета затрат на оборудование и монтажные работы для реализации проекта. В разделе «Социальная ответственность» рассмотрена социальная ответственность предприятия, указаны пагубные воздействия на человека и меры их предотвращения.

#### Список использованных источников

1. Неделина Н.Ю. Эффективный способ определения гистологического состава древесины. – Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. – №79. – 2012.
2. Данилов Д.А. Изменения в строении древесины сосны и ели на анатомическом уровне в древостоях, пройденных рубками ухода и комплексным уходом/ Д.А. Данилов, В.Б. Скупченко // – Лесной журнал. – 2014. – №5. – С.70-88.
3. Козьмина И.А. Влияние породы древесины на свойства древесно-композиционного материала. – Высокие интеллектуальные технологии в науке и образовании. – Лесоведение. – 2011. – №4. – С.30-38.
4. Чиждова М.А. Особенности отделки древесины хвойных пород. – 2009. – №7. – С.157-161.
5. Пачковский А.В., Мозговой Н.В. Физические процессы сушки древесины. – Вестник ВГТУ– 2010. – С.54-57.
6. Романова Н.А. Физические свойства древесины, их влияние на качество пилопродукции / Н.А. Романова, Н.А. Тимченко, В.Ф. Бобенко, В.В. Сергеева, А.В. Баранов. – Дальневосточный государственный аграрный университет (Благовещенск). – 2019. – С.151-153.
7. Тамби А.А. Оценка соответствия плотности древесины требованиям к продукции деревообрабатывающих производств / А.А. Тамби, А.Н. Чубинский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2016. – №3. – С.124-134.
8. Рассев А.И. Сушка древесины. - М.: Лесная промышленность, 1990.- 224 с.
9. Деревообрабатывающая промышленность. - 2000. №5. - 26-27 с.
10. Харитонов Г.Н., Добрынин С.В. Лесосушильные камеры. - М.: Лесная промышленность, 1999. - 204 с.

11. Разумов Е.Ю. Исследование процесса сушки древесины в жидкостях/ Е.Ю. Разумов, Е.А. Белякова // Вестник казанского технологического университета. – 2011. – №11. – С.39-42.
12. Быкова Е.Л. Совершенствование процесса сушки древесины с применением вакуумных сушильных камер. – Леса России и хозяйство в них. – 2013. – №3. – С.48-54.
13. Анисимов П.Н. Экспериментальное исследование естественной сушки топливной древесины в пачках на лесосеке / П.Н. Анисимов, Е.М. Онучин // Лесной вестник. – 2016. – №6. – С.79-87.
14. Горбачев Е.Н. Экспериментальное исследование высокотемпературной сушки древесины термомеханическим способом/ Е.Н. Горбачев, В.П. Кожин // Инженерно-физический журнал. – 2009. – Т.82. – №1. – С.69-74.
15. Билей П.В. Исследование кинетики процесса сушки профильных заготовок из древесины/ П.В. Билей, Р.А. Рокунь// Лесной журнал. – 2016. – №2. – С.114-120.
16. Тимербаев Н.Ф. Экспериментальное исследование процесса предварительной сушки древесного топлива отходящими топочными газами. – Известия высших учебных заведений. серия: химия и химическая технология. – 2008. – Т.51. – №7. – С.86-95.
17. Колесников Г.Н. Моделирование пропитки древесины с предварительной сушкой/ Г.Н. Колесников, А.В. Кантышев, Т.А. Гаврилов, О.А. Куницкая, И.В. Григорьев// Издательство: Братский государственный университет. – 2019. – №2. – С.73-79.
18. Ермоченков М.Г. Кинетические параметры процесса сушки древесины. – 2017. – №6. – С.114-125.
19. Кайнов П.А. Экспериментальные исследования молярного переноса влаги в процессе вакуумной сушки древесины / П.А. Кайнов, Р.Т. Хасаншина, М.В. Шулаев // Вестник казанского технологического университета. – 2014. – Т.17. – №22. – С.143-158.

20. Ермоченков М.Г. Тепловые эффекты удаления связанной влаги из древесины/ М.Г. Ермоченков, М.Ю. Кладов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2018. – № 1. – С. 20-27.
21. Брагин Д.М. Особенности процесса сушки древесины для организации высокоэнтальпийного горения / Д.М. Брагин, А.П. Позолотин, А.Г. Будин // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018). – 2018. – С. 1173-1176.
22. Зиятдинов Р.Р. Конвективная сушка измельченной древесины перед термохимическим процессом переработки древесных материалов / Р.Р. Зиятдинов, Т.О. Степанова, Д.Ф. Зиятдинова, Р.Г. Сафин, Д.А. Ахметова // Деревообрабатывающая промышленность. – 2019. – № 1. – С. 66-74.
23. Ермоченков М.Г., Семенов Ю.П. Математическое моделирование процессов, протекающих в древесине при термическом модифицировании. – М.: Лесной вестник. – С.92-96– 2012.
24. Ермоченков М.Г. Зависимость кинетики сушки древесины от влажности среды. –М.:МГУДТ. – с.205-207. – 2017.
25. Гришин А.М. Общая физико-математическая модель зажигания и горения древесины. – вестник ТГУ. – С.50-60. – 2010.
26. Сафин Р.Р., Энергосберегающая установка для сушки и термической обработки древесины/ Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, Н.А. Оладышкина // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2010. – №9. – С.546-548.
27. Гороховский А.Г. Анализ процессов сушки древесины существенно неизотермическими режимами/ А.Г. Гороховский, Е.Е. Шишкина, Е.В. Старова, А.А. Миков // Лесной журнал. – 2018. – №2. – С.88-96.
28. Сафин Р.Г. Математическая модель тепломассообменных процессов, протекающих при переработке древесных отходов/ Р.Г. Сафин, Т.О. Степанова, А.Р. Хабибуллина // Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. – 2015. – Т.3. – №7-2. – С.413-417.

29. Сафин Р.Р. Исследование процессов вакуумной сушки пиломатериалов при конвективных методах подвода тепла // Вестник тамбовского государственного технического университета. – 2006. – Т.12. – №4-1. – С.987-993.
30. Дунаева Т.Ю. Математическая модель кинетики процесса свч-сушки в периодическом режиме / Т.Ю. Дунаева, А.О. Мантуров // Гетеромагнитная микроэлектроника. – 2009. – №9. – С.79-83.
31. Грачев А.Н. Моделирование процесса сушки влажных древесных отходов отработанными газами котельных установок / А.Н. Грачев, Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин // Известия высших учебных заведений. – 2006. – Т.49. – №11. – С.103-106.
32. Файзрахманов Р.А. Компьютерное моделирование процесса управления электроустановкой для сушки древесины / Р.А. Файзрахманов, С.В. Смагин // Издательство: Фирма Знак (Москва). – 2012. – №11. – С.52-57.
33. Аипов Р.С. Математическая модель процесса сушки пиломатериалов при дискретном расположении источников свч-энергии / Р.С. Аипов, М.И. Тухватуллин, Р.Б. Яруллин, В.Ю. Кабашов// Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2. – С. 82-88.
34. Гороховский А.Г. Моделирование процесса сушки пиломатериалов/ А.Г. Гороховский, В.В. Побединский, Е.Е. Шишкина, Е.В. Побединский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 1. – С. 154-166.
35. Архипов В.А., Березиков А.П. Основы теории инженерно-физического эксперимента. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2008 г. –206 с.
36. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. — Минск: Изд-во БГУ, 1982. — 302 с.
37. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для



академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп.. -Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с. Ссылка на электронный каталог НТБ ТПУ - <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C315981>.

38. Беляков, Геннадий Иванович. Охрана труда и техника безопасности [Электронный ресурс] : учебник для прикладного бакалавриата / Г. И.Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Мультимедиа ресурсы (10директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Юрайт, 2016. — 1Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Прикладной курс. —Электронные учебники издательства "Юрайт". — Электронная копия печатного издания. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM,Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. Схема доступа:<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn89.pdf>

39. Жуков, Виктор Ильич. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях :учебное пособие / В. И. Жуков, Л. Н. Горбунова; Сибирский федеральный университет (СФУ). — Москва; Красноярск: Инфра-М Изд-во СФУ, 2014.— 392 с.: ил. — Высшее образование. Бакалавриат. — Библиогр.: с.384-387.<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C282931>

40. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера // под ред.проф. В.Ф. Панина. — М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. — 284 с.<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C25604>

41. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

42. СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений"

43. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

44. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.  
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

45. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

## Приложение А

### Experimental research of the integral characteristics of the drying process forest fuel

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ83	Пинчук Алина Андреевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Е.Е. Бульба	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	П.И. Костомаров	к.ф.н.		

## Introduction

Drying is one of the most important and integral operations in technological processes of woodworking, which largely determines the quality and competitiveness of finished products. The purpose of drying is to improve the quality of the material (reducing its bulk density, increasing strength) and, in this regard, increasing the possibilities of its use.

Today, the task of efficient waste management is very urgent. As the volume and variety of waste increases rapidly, due to the development of industry and increased energy consumption.

As a result of wood processing and logging, a large amount of waste appears. Their use is still minimal. Since logging waste is practically not used, its disposal is associated with high financial costs. As a way out of this situation, the transition to the use of renewable energy sources is proposed. One such source is wood.

But the use of wood biomass in the energy sector is complicated due to the high moisture content of wood. Wood drying processes are long and energy-consuming. Therefore, the analysis of the laws of moisture removal processes is one of the main tasks, the solution of which is necessary when developing technologies for burning wood biomass in the furnaces of steam and hot water boilers.

## 1. Physical properties of coniferous wood

In a growing tree, wood contains a significant amount of moisture necessary for its normal life. Total humidity can significantly exceed 35% and reach freshly cut tree 120%. Wood that contains only bound moisture is commonly called wet. Wood containing bound and free moisture is called raw (fig.1).

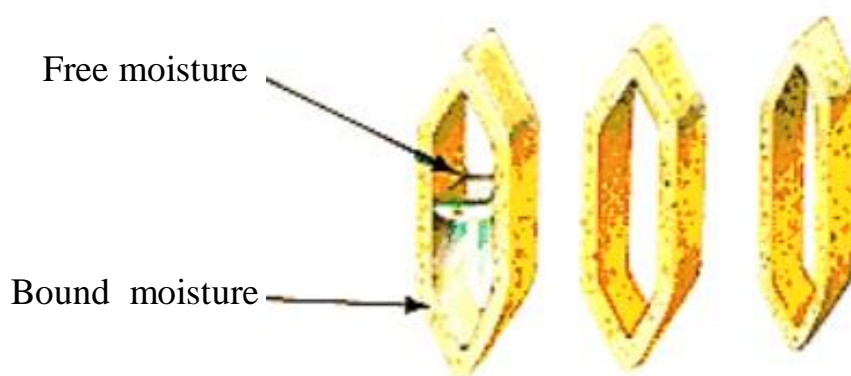


Figure 1 – Vessels and capillaries of wood

Moisture in cell cavities and intercellular spaces called free or capillary. Moisture bound firmly held by physico-chemical bonds. Removing it is difficult and significantly affects most of the properties of wood. The weak moisture contained in the wood is preserved only due to physical and mechanical bonds, therefore it is much easier to remove. Removing weak moisture has a lesser effect on the properties of wood.

The density of wood depends on humidity and for comparison, the values densities always lead to a single moisture content  $W = 12\%$ . Between density and the strength of wood there is a close connection. Heavier wood usually more durable. The density value fluctuates in very wide limits.

Table 1 – Density of wood

Wood species	Density (g / cm <sup>3</sup> )
spruce	0,45
cedar	0,44
pine	0,52

Wood is divided into five categories according to the degree of humidity:

- 1) wet wood, for a long time located in water in flooded condition,  $W > 100\%$ ;
- 2) freshly chopped wood, retaining the moisture of the growing wood,  $W = 31-100\%$ ;
- 3) air-dry wood aged in the open air at atmospheric drying,  $W = 13-30\%$ ;
- 4) indoor dry wood, which has long been in a heated room,  $W = 8-12\%$ ;
- 5) absolutely dry wood, dried at  $t = 103^{\circ}\text{C}$  to  $W = 0\%$ . [1]

The physical properties of wood include color, luster, smell and texture.

The color of the wood is determined by the climate, soil composition, age of the tree, its species, etc.

Gloss of wood is the ability to reflect light from a surface in a certain direction.

The smell of wood depends on the amount of essential oils, resins and tannins. The wood of a tree that has just been cut down or immediately after its machining has a strong odor. Softwood has a stronger smell than hardwood. (fig.2)

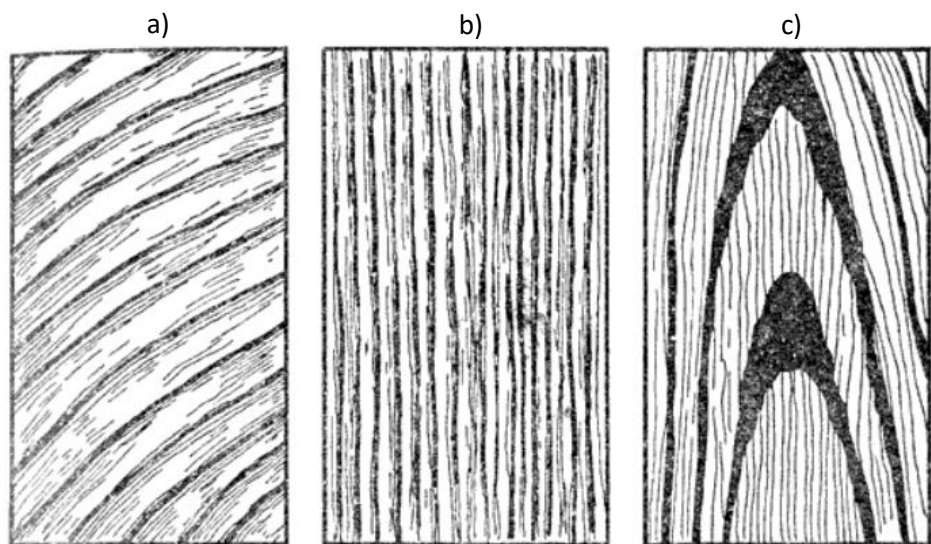


Figure 2 – The texture of pine wood in three sections: a - on the transverse; b - radial; c – tangential.

Shrinkage is the reduction in linear dimensions and volume wood when dried. Shrinkage begins after the complete removal of free moisture and from the beginning of the removal of bound moisture (fig.3). [2]

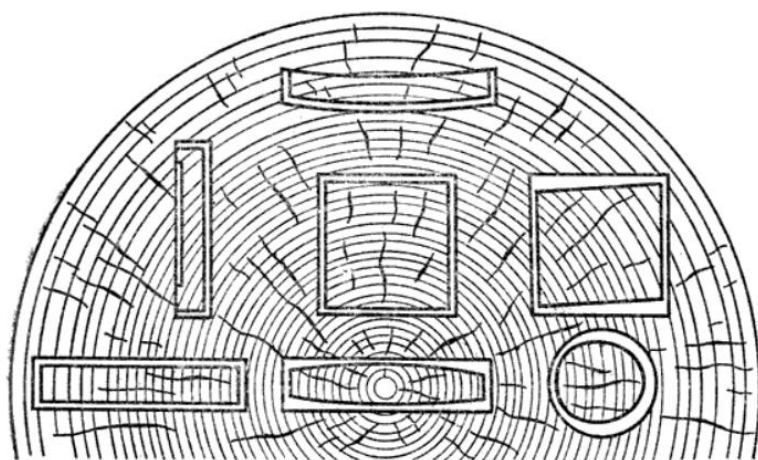


Figure 3 – Shrinkage of wood in various parts of the trunk.

Raw wood products over time resize. Therefore, wood before further processing need to dry. Drying occurs by moving moisture from the middle to the surface of wood and the evaporation of water from the surface. When humidity tree reaches a level of 28-30% (this value is practically independent of type of wood), this means that all free water has been removed. From this moment begins the

process of removing bound water from the cell walls. And with at this point, the drying process begins. Shrinkage is a reduction linear and volume sizes.

## 2. The current state of the city forests of Tomsk

The objects of research were natural undisturbed and natural disturbed gray forest soils and tree species: pine ordinary, siberian larch, siberian spruce, siberian fir. At inspection of the state of tree species, special attention was paid to pine ordinary, having indicative value, because of the high sensitivity to atmospheric pollution accumulates toxins in tissues.

The nature of the city of Tomsk is diverse and rich. In the area of the city there are 90 species of woody plants, a significant part of them are represented by shrubs and shrubs. According to the natural regionalization of Western Siberia, Tomsk is located in the subzone southern taiga. According to the climatic zoning of Siberia, the southern taiga belongs to the zone of moderately uncomfortable climate. To factors that have an adverse effect on the human body, hypothermia in winter and overheating in summer, rapid change of weather, sharp daily temperature drops, unstable wind regime, snow drifts, etc.

The main forest-forming species of urban forests are: drooping birch, covering an area of about 2733 hectares, aspen ordinary - 2042 ha, ordinary pine - 1821 ha, Siberian fir is represented on an area of 508 ha, Siberian spruce - 346 ha. Slightly presented cedar Siberian - 32 ha, Siberian larch - 40 ha, etc. [3]

Pine occupies about 20% of the area of all forests in Russia. Pine wood is soft, moderately light, easy to process and strong enough. Spruce worse it is impregnated with antiseptics, unlike pine, but it has greater hygroscopicity. Soft breed, but after drying, the wood ate in strength almost inferior to pine wood. The most common breed is Larch. It accounts for 70% of the covered forest area. Larch is valued very highly, as it is more stable. to dampness, and 2-3 times more expensive than pine. Larch is the only tree not rotting in sea water. Its density and strength is almost 30% higher, than pine. The wood is heavy and durable, resistant to decay.



Cedar belongs to the same biological species as pine. Possesses healing properties, it is very rich in phytocides. When heated cedar wood gives off a unique aroma that has a beneficial effect on the nervous system, and also kills almost all pathogens microbes. [4]

### 3. Experimental study of wood drying

With increasing humidity of wood fuel, its calorific value decreases and the efficiency of power equipment decreases. Natural atmospheric drying is used to improve the quality of fuel wood. The aim of this study is to obtain a mathematical model of the natural drying of whole trees in a bunch at a felling site based on experimental data. In this work, we studied the natural drying of whole pine and birch trees of different diameters, uniquely laid in bunches at the cutting site. As a result of the experiment, a mathematical model was developed. This model describes the change in the moisture content in wood during natural drying in a beam at the cutting site. The obtained regression equation determines the dependence of the average wood moisture on the diameter of the wood, the amount of liquid precipitation, air temperature, average air velocity, relative humidity, and the duration of natural drying. This model allows predicting changes in wood moisture during natural drying with an error of less than 5%. The moisture content of wood during natural drying on average decreased from 52% to 27%. The article proposes a technology for cutting firewood in the energy forest. A technology is proposed for laying trees in bunches when harvesting firewood grown on forest plantations. The results of the study can be used to increase the efficiency of wood fuel production. The proposed mathematical model can be used in practice to predict changes in the moisture content of the wood of whole trees in a bunch. Also to determine the optimal duration of natural drying in the open air. [5]

For the manufacture of furniture in northeast Argentina, several types of hardwood are used, for example, Algarrobo and Quebracho. Drying air is heated by solar energy in a collector resembling a greenhouse tunnel. Then, passing through a drying chamber with stitched wood, it removes moisture. The air flow in this special

system is created by natural convection in the chimney due to the lower density of hot air compared to cold air. At the Institute of Agricultural Engineering of the Technical University of Munich, a TRNSYS simulation model was developed for the drying process of wood using the physical parameters of the drying product. Further developed modules describe a manifold tunnel, a drying chamber and a chimney. Meteorological data and material coefficients are taken from external data files. For the design of the system, the development of management strategies and optimization of the system, modeling of the wood drying process is beneficial. This theoretical model is useful in applications with the supply of solar energy and its short-term availability, which is a useful tool for consultation and research. The simulation program predicts humidity and temperature inside the product, and also calculates energy flows and ideal achievable drying results. In Germany, a pilot plant was designed and built in Resistencia, Argentina. The system is equipped with a data acquisition system for detailed monitoring of the solar installation and the drying process. The results of the study confirm a number of advantages of wood drying technologies using solar energy. Compared to conventional systems, the drying time is slightly longer, but much shorter. Damage to wood during drying can be avoided, as well as external damage. Since neither special monitoring equipment nor fuel is required, operating costs are low. [6]

Due to the prolonged use of structural wooden elements, the strength of the elements is constantly reduced. The decrease in strength is associated with effects such as “use and aging”, such as cracks, and cracks resulting from drying, the cyclical effects of moisture and fastener holes resulting from the initial construction methods. The aim of this study was to develop an accurate model of the behavior and characteristics of recycled lumber containing holes for fasteners. The bending ability of structural wooden beams and boards containing holes for fasteners was modeled using finite element analysis (FEA) in combination with the tensor polynomial strength theory (Tsai-Wu). Each model used is a joint part that is commonly used in construction. To confirm the analytical approach, primary sawn

timber with drilled holes were prepared to simulate the conditions in place and tested for failure. Comparing the results of the analytical model with the experimental behavior, the FEA results were slightly conservative with predicted strengths that were within the same standard deviation from the average of the experimental data and, thus, giving accurate results. The critical position of the hole exists where the hole causes the greatest reduction in strength. Based on the studies, it is recommended that the edge of the hole should not be located within 6 mm from the extreme fiber, both in the compression region and in the tensile region. If this happens, you may need to do some further processing, for example, align the element so that the hole is on the edge, or the hole is completely excluded from the section.

[7]

## Conclusion

In the framework of the master's thesis, a theoretical study of the process of moisture removal from coniferous biomass was carried out. Recommendations for the experiment were also developed that will allow to organize the drying process of biomass. In the analytical review of the literature, literature sources are considered, on the basis of which the analysis of the energy efficiency of using biomass, the theoretical basis of drying and types of drying chambers, the theory of engineering physics, and the experiment are carried out.

During the work, experimental dependences of the rate of liquid evaporation from coniferous biomass on temperature and time were obtained, which made it possible to choose the most economical mode of biomass dehydration. The results of the experimental data are estimated according to the theory of an engineering experiment. And on the basis of the sources reviewed, it was concluded that there is enough information in the literature about the structure and physical properties of coniferous wood, but there is no information about the values of the partial pressure and the accommodation coefficient, which interferes with the theoretical calculation when creating the mathematical model. Thanks to an experimental study, the coefficient of accommodation was calculated for the given drying parameters and the partial pressure was found. These data will help in the calculation of a mathematical model on the drying of wood.

## Reference

1. Potykalova M.V., Melekhov V.I. : Physical properties of wood: guidelines for laboratory work. – 3rd ed., rev. and add. - Arkhangelsk: Publishing house of ASTU, 2005. – 28 p.
2. Directory. Timber [Electronic resource]: physical properties of wood. - access mode.:<http://les.novosibdom.ru/book/export/html/13>.
3. Danchenko M.A., Danchenko A.M., Myasnikov A.G. Modern state of urban forests and their use, Tomsk. Herald Tomsk State University. – № 4. – 2010.
4. Ugolev B.N. Wood science with the basics of forest commodity science.M.: GOU VPO MGUL. – 2007. – P.351.
5. Anisimov P.N. An experimental study of the natural drying of fuel wood in bundles at a cutting area / P.N. Anisimov, E.M. Onuchin // Forest Gazette. – 2016. – № 6. – P.79-87.
6. Reuss M. Modelling and experimental investigation of a pilot plant for solar wood drying /Reuss M., Benkert S., Aeberhard A., Martina P., Raush G., Rentzell B.V., Sogari N.// – 1997. – T.59. – №4-6. – P.259-270.
7. Failure modeling of sawn lumber with a fastener hole / Williams J.M., Fridley K.J., Cofer W.F., Falk R.H.// Finite elements in analysis and design. – 2000. – №1. – P.83-98.

Приложение Б  
(Обязательное)

Результаты расчета массовой скорости испарения

Таблица Б.1– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок ели при T=333 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20	19,55	0,45	4,14	20	19,45	0,55	5,06	20	19,45	0,55	5,06
2		19,2	0,35	3,22		18,95	0,5	4,60		19	0,45	4,14
3		18,9	0,3	2,76		18,5	0,45	4,14		18,5	0,5	4,60
4		18,65	0,25	2,30		18,1	0,4	3,68		18	0,5	4,60
5		18,45	0,2	1,84		17,65	0,45	4,14		17,7	0,3	2,76
6		18,1	0,35	3,22		17,3	0,35	3,22		17,3	0,4	3,68
7		17,8	0,3	2,76		16,9	0,4	3,68		17	0,3	2,76
8		17,55	0,25	2,30		16,55	0,35	3,22		16,6	0,4	3,68
9		17,3	0,25	2,30		16,2	0,35	3,22		16,25	0,35	3,22
10		17,1	0,2	1,84		15,85	0,35	3,22		15,85	0,4	3,68
11		16,9	0,2	1,84		15,5	0,35	3,22		15,5	0,35	3,22
12		16,7	0,2	1,84		15,15	0,35	3,22		15,15	0,35	3,22
13		16,5	0,2	1,84		14,9	0,25	2,30		14,95	0,2	1,84
14		16,3	0,2	1,84		14,7	0,2	1,84		14,7	0,25	2,30
15		16,15	0,15	1,38		14,45	0,25	2,30		14,45	0,25	2,30
16		16	0,15	1,38		14,25	0,2	1,84		14,25	0,2	1,84
17		15,85	0,15	1,38		14,05	0,2	1,84		14	0,25	2,30
18		15,7	0,15	1,38		13,85	0,2	1,84		13,8	0,2	1,84
19		15,55	0,15	1,38		13,7	0,15	1,38		13,6	0,2	1,84
20		15,4	0,15	1,38		13,55	0,15	1,38		13,45	0,15	1,38
21		15,25	0,15	1,38		13,35	0,2	1,84		13,35	0,1	0,92
22		15,15	0,1	0,92		13,2	0,15	1,38		13,2	0,15	1,38
23		15	0,15	1,38		13,05	0,15	1,38		13	0,2	1,84
24		14,9	0,1	0,92		12,85	0,2	1,84		12,8	0,2	1,84
25		14,8	0,1	0,92		12,7	0,15	1,38		12,7	0,1	0,92
26		14,65	0,15	1,38		12,55	0,15	1,38		12,55	0,15	1,38
27		14,55	0,1	0,92		12,45	0,1	0,92		12,45	0,1	0,92
28		14,45	0,1	0,92		12,35	0,1	0,92		12,35	0,1	0,92

Продолжение таблицы Б.1

29		14,35	0,1	0,92		12,25	0,1	0,92		12,25	0,1	0,92
30		14,25	0,1	0,92		12,2	0,05	0,46		12,15	0,1	0,92
31		14,1	0,15	1,38		12,1	0,1	0,92		12,05	0,1	0,92
32		14	0,1	0,92		12	0,1	0,92		11,95	0,1	0,92
33		13,9	0,1	0,92		11,9	0,1	0,92		11,85	0,1	0,92
34		13,8	0,1	0,92		11,8	0,1	0,92		11,75	0,1	0,92
35		13,7	0,1	0,92		11,75	0,05	0,46		11,65	0,1	0,92
36		13,65	0,05	0,46		11,7	0,05	0,46		11,55	0,1	0,92
37		13,5	0,15	1,38		11,6	0,1	0,92		11,45	0,1	0,92
38		13,4	0,1	0,92		11,5	0,1	0,92		11,35	0,1	0,92
39		13,35	0,05	0,46		11,45	0,05	0,46		11,3	0,05	0,46
40		13,25	0,1	0,92		11,35	0,1	0,92		11,25	0,05	0,46
41		13,15	0,1	0,92		11,3	0,05	0,46		11,2	0,05	0,46
42		13,1	0,05	0,46		11,2	0,1	0,92		11,1	0,1	0,92
43		13	0,1	0,92		11,15	0,05	0,46		11,05	0,05	0,46
44		12,95	0,05	0,46		11,05	0,1	0,92		11	0,05	0,46
45		12,9	0,05	0,46		11	0,05	0,46		10,95	0,05	0,46
46		12,9	0	0,00		10,95	0,05	0,46		10,95	0	0,00

Таблица Б.2– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок ели при T=353 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20,1	19,45	0,65	5,98	20	19,45	0,55	5,06	20	19,45	0,55	5,06
2		18,7	0,75	6,89		18,85	0,6	5,52		18,8	0,65	5,98
3		18	0,7	6,44		18,35	0,5	4,60		18,2	0,6	5,52
4		17,4	0,6	5,52		17,7	0,65	5,98		17,6	0,6	5,52
5		16,8	0,6	5,52		16,6	1,1	10,11		16,6	1,0	9,20
6		16,2	0,6	5,52		16,05	0,55	5,06		16,15	0,45	4,14
7		15,65	0,55	5,06		15,5	0,55	5,06		15,55	0,6	5,52
8		15,1	0,55	5,06		15	0,5	4,60		15,1	0,45	4,14
9		14,6	0,5	4,60		14,5	0,5	4,60		14,5	0,6	5,52
10		14,1	0,5	4,60		14	0,5	4,60		14,05	0,45	4,14
11		13,6	0,5	4,60		13,5	0,5	4,60		13,55	0,5	4,60
12		13,15	0,45	4,14		13,1	0,4	3,68		13,2	0,35	3,22
13		12,7	0,45	4,14		12,7	0,4	3,68		12,75	0,45	4,14
14		12,35	0,35	3,22		12,35	0,35	3,22		12,4	0,35	3,22
15		12	0,35	3,22		11,9	0,45	4,14		11,95	0,45	4,14

Продолжение таблицы Б.2

16		11,65	0,35	3,22		11,55	0,35	3,22		11,5	0,45	4,14
17		11,35	0,3	2,76		11,25	0,3	2,76		11,35	0,15	1,38
18		11,1	0,25	2,30		11	0,25	2,30		11,05	0,3	2,76
19		10,85	0,25	2,30		10,7	0,3	2,76		10,75	0,3	2,76
20		10,7	0,15	1,38		10,5	0,2	1,84		10,65	0,1	0,92
21		10,55	0,15	1,38		10,25	0,25	2,30		10,3	0,35	3,22
22		10,4	0,15	1,38		10,05	0,2	1,84		10,1	0,2	1,84
23		10,25	0,15	1,38		9,9	0,15	1,38		10	0,1	0,92
24		10,15	0,1	0,92		9,8	0,1	0,92		9,9	0,1	0,92
25		10,1	0,05	0,46		9,65	0,15	1,38		9,65	0,25	2,30
26		10,05	0,05	0,46		9,6	0,05	0,46		9,6	0,05	0,46
27		10	0,05	0,46		9,6	0	0,00		9,5	0,1	0,92

Таблица Б.3 – Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок ели при T=373 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20	18,8	1,2	11,03	20	18,8	1,2	11,03	20	18,55	1,45	13,33
2		17	1,8	16,55		17,1	1,7	15,63		16,5	2,05	18,85
3		15,35	1,65	15,17		15,4	1,7	15,63		14,55	1,95	17,93
4		13,75	1,6	14,71		13,75	1,65	15,17		12,75	1,8	16,55
5		12,35	1,4	12,87		12,15	1,6	14,71		11,35	1,4	12,87
6		11,3	1,05	9,65		10,75	1,4	12,87		10,25	1,1	10,11
7		10,7	0,6	5,52		9,7	1,05	9,65		9,65	0,6	5,52
8		10,45	0,25	2,30		9,15	0,55	5,06		9,35	0,3	2,76
9		10,35	0,1	0,92		8,9	0,25	2,30		9,25	0,1	0,92
10		10,35	0	0,00		8,85	0,05	0,46		9,25	0	0,00
11		10,35	0	0,00		8,8	0,05	0,46		9,25	0	0,00
12						8,8	0	0				

Таблица Б.4 – Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок ели при T=393 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20	17,5	2,5	22,98	19,45	16,6	2,85	26,20	20	17,3	2,7	24,82
2		14,35	3,15	28,96		13,4	3,2	29,42		14,2	3,1	28,50
3		11,65	2,7	24,82		10,9	2,5	22,98		11,7	2,5	22,98



Продолжение таблицы Б.4

4		9,6	2,05	18,85		9,5	1,4	12,87		9,8	1,9	17,47
5		8,55	1,05	9,65		8,75	0,75	6,89		8,9	0,9	8,27
6		8,2	0,35	3,22		8,5	0,25	2,30		8,5	0,4	3,68
7		8,15	0,05	0,46		8,5	0	0		8,45	0,05	0,46
8		8,1	0,05	0,46		8,5	0	0		8,45	0	0,00

Таблица Б.5– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок кедра при T=333 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20,1	19,8	0,3	2,76	20	19,7	0,3	2,76	20	19,8	0,2	1,84
2		19,5	0,3	2,76		19,4	0,3	2,76		19,5	0,3	2,76
3		19,15	0,35	3,22		19,05	0,35	3,22		19,2	0,3	2,76
4		18,75	0,4	3,68		18,65	0,4	3,68		18,75	0,45	4,14
5		18,45	0,3	2,76		18,25	0,4	3,68		18,4	0,35	3,22
6		18,05	0,4	3,68		17,85	0,4	3,68		18	0,4	3,68
7		17,7	0,35	3,22		17,5	0,35	3,22		17,6	0,4	3,68
8		17,4	0,3	2,76		17,15	0,35	3,22		17,2	0,4	3,68
9		17,05	0,35	3,22		16,85	0,3	2,76		16,85	0,35	3,22
10		16,8	0,25	2,30		16,55	0,3	2,76		16,5	0,35	3,22
11		16,5	0,3	2,76		16,3	0,25	2,30		16,15	0,35	3,22
12		16,25	0,25	2,30		16,05	0,25	2,30		15,85	0,3	2,76
13		16,05	0,2	1,84		15,85	0,2	1,84		15,55	0,3	2,76
14		15,85	0,2	1,84		15,65	0,2	1,84		15,25	0,3	2,76
15		15,65	0,2	1,84		15,4	0,25	2,30		15	0,25	2,30
16		15,5	0,15	1,38		15,25	0,15	1,38		14,75	0,25	2,30
17		15,4	0,1	0,92		15,1	0,15	1,38		14,5	0,25	2,30
18		15,3	0,1	0,92		15	0,1	0,92		14,3	0,2	1,84
19		15,2	0,1	0,92		14,9	0,1	0,92		14,1	0,2	1,84
20		15,15	0,05	0,46		14,8	0,1	0,92		13,95	0,15	1,38
21		15,1	0,05	0,46		14,75	0,05	0,46		13,8	0,15	1,38
22		15,05	0,05	0,46		14,7	0,05	0,46		13,7	0,1	0,92
23		15	0,05	0,46		14,6	0,1	0,92		13,6	0,1	0,92
24		14,95	0,05	0,46		14,55	0,05	0,46		13,5	0,1	0,92
25		14,9	0,05	0,46		14,5	0,05	0,46		13,4	0,1	0,92
26		14,85	0,05	0,46		14,45	0,05	0,46		13,35	0,05	0,46
27		14,8	0,05	0,46		14,4	0,05	0,46		13,3	0,05	0,46
28		14,75	0,05	0,46		14,35	0,05	0,46		13,2	0,1	0,92

Продолжение таблицы Б5

29		14,7	0,05	0,46		14,3	0,05	0,46		13,15	0,05	0,46
30		14,65	0,05	0,46		14,2	0,1	0,92		13,05	0,1	0,92
31		14,6	0,05	0,46		14,15	0,05	0,46		13	0,05	0,46
32		14,6	0	0,00		14,1	0,05	0,46		12,95	0,05	0,46
33		14,55	0,05	0,46		14,1	0	0,00		12,9	0,05	0,46
34		14,5	0,05	0,46		14,05	0,05	0,46		12,85	0,05	0,46
35		14,45	0,05	0,46		14	0,05	0,46		12,75	0,1	0,92
36		14,4	0,05	0,46		13,95	0,05	0,46		12,7	0,05	0,46
37		14,4	0	0,00		13,9	0,05	0,46		12,65	0,05	0,46
38		14,35	0,05	0,46		13,85	0,05	0,46		12,65	0	0,00
39		14,3	0,05	0,46		13,85	0	0,00		12,6	0,05	0,46
40		14,25	0,05	0,46		13,8	0,05	0,46		12,55	0,05	0,46
41		14,2	0,05	0,46		13,75	0,05	0,46		12,5	0,05	0,46
42		14,15	0,05	0,46		13,7	0,05	0,46		12,45	0,05	0,46
43		14,1	0,05	0,46		13,65	0,05	0,46		12,45	0	0,00
44		14,1	0	0,00		13,65	0	0,00		12,4	0,05	0,46
45		14,05	0,05	0,46		13,6	0,05	0,46		12,35	0,05	0,46
46		14	0,05	0,46		13,55	0,05	0,46		12,3	0,05	0,46
47		13,95	0,05	0,46		13,5	0,05	0,46		12,25	0,05	0,46
48		13,95	0	0,00		13,45	0,05	0,46		12,25	0	0,00
49		13,9	0,05	0,46		13,45	0	0,00		12,2	0,05	0,46
50		13,85	0,05	0,46		13,4	0,05	0,46		12,15	0,05	0,46
51		13,8	0,05	0,46		13,35	0,05	0,46		12,1	0,05	0,46
52		13,75	0,05	0,46		13,35	0	0		12,05	0,05	0,46

Таблица Б.6– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок кедра при T=353 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20	19,55	0,45	4,14	20,25	20,05	0,2	1,84	20,1	19,8	0,3	2,76
2		18,9	0,65	5,98		19,75	0,3	2,76		19,35	0,45	4,14
3		18,5	0,4	3,68		19,35	0,4	3,68		19	0,35	3,22
4		18,2	0,3	2,76		18,95	0,4	3,68		18,65	0,35	3,22
5		17,85	0,35	3,22		18,55	0,4	3,68		18,3	0,35	3,22
6		17,55	0,3	2,76		18,05	0,5	4,60		18	0,3	2,76
7		17,2	0,35	3,22		17,65	0,4	3,68		17,6	0,4	3,68
8		16,9	0,3	2,76		17,25	0,4	3,68		17,25	0,35	3,22
9		16,55	0,35	3,22		16,85	0,4	3,68		16,85	0,4	3,68

Продолжение таблицы Б.6

10		16,25	0,3	2,76		16,4	0,45	4,14		16,5	0,35	3,22
11		15,95	0,3	2,76		16	0,4	3,68		16,2	0,3	2,76
12		15,6	0,35	3,22		15,6	0,4	3,68		15,9	0,3	2,76
13		15,3	0,3	2,76		15,25	0,35	3,22		15,5	0,4	3,68
14		15	0,3	2,76		14,85	0,4	3,68		15,2	0,3	2,76
15		14,7	0,3	2,76		14,5	0,35	3,22		14,9	0,3	2,76
16		14,4	0,3	2,76		14,1	0,4	3,68		14,55	0,35	3,22
17		14,1	0,3	2,76		13,75	0,35	3,22		14,25	0,3	2,76
18		13,8	0,3	2,76		13,4	0,35	3,22		13,95	0,3	2,76
19		13,5	0,3	2,76		13,1	0,3	2,76		13,65	0,3	2,76
20		13,2	0,3	2,76		12,8	0,3	2,76		13,35	0,3	2,76
21		12,95	0,25	2,30		12,55	0,25	2,30		13,1	0,25	2,30
22		12,7	0,25	2,30		12,3	0,25	2,30		12,85	0,25	2,30
23		12,45	0,25	2,30		12,05	0,25	2,30		12,6	0,25	2,30
24		12,2	0,25	2,30		11,85	0,2	1,84		12,35	0,25	2,30
25		11,95	0,25	2,30		11,6	0,25	2,30		12,1	0,25	2,30
26		11,7	0,25	2,30		11,4	0,2	1,84		11,85	0,25	2,30
27		11,45	0,25	2,30		11,2	0,2	1,84		11,65	0,2	1,84
28		11,2	0,25	2,30		11,05	0,15	1,38		11,45	0,2	1,84
29		10,95	0,25	2,30		10,85	0,2	1,84		11,2	0,25	2,30
30		10,75	0,2	1,84		10,75	0,1	0,92		11	0,2	1,84
31		10,55	0,2	1,84		10,6	0,15	1,38		10,8	0,2	1,84
32		10,35	0,2	1,84		10,5	0,1	0,92		10,65	0,15	1,38
33		10,15	0,2	1,84		10,4	0,1	0,92		10,5	0,15	1,38
34		10	0,15	1,38		10,3	0,1	0,92		10,4	0,1	0,92
35		9,9	0,1	0,92		10,25	0,05	0,46		10,3	0,1	0,92
36		9,75	0,15	1,38		10,15	0,1	0,92		10,15	0,15	1,38
37		9,65	0,1	0,92		10,1	0,05	0,46		10,05	0,1	0,92
38		9,55	0,1	0,92		10,05	0,05	0,46		9,95	0,1	0,92
39		9,45	0,1	0,92		10	0,05	0,46		9,9	0,05	0,46
40		9,4	0,05	0,46		9,95	0,05	0,46		9,85	0,05	0,46
41		9,35	0,05	0,46		9,9	0,05	0,46		9,8	0,05	0,46
42		9,3	0,05	0,46		9,9	0	0		9,75	0,05	0,46
43		9,3	0	0,00		9,9	0	0		9,75	0	0,00

Таблица Б.7– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок кедра при T=373 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20,1	18,85	1,25	11,49	20,2	19,55	0,65	5,97	20	19,15	0,85	7,81
2		17,55	1,3	11,95		18,25	1,3	11,95		18	1,15	10,57
3		16,2	1,35	12,41		16,95	1,3	11,95		16,65	1,35	12,41
4		15	1,2	11,03		15,55	1,4	12,87		15,35	1,3	11,95
5		13,9	1,1	10,1		14,15	1,4	12,87		14	1,35	12,41
6		12,95	0,95	8,73		12,8	1,35	12,41		12,75	1,25	11,49
7		12,15	0,8	7,35		11,55	1,25	11,49		11,6	1,15	10,57
8		11,45	0,7	6,44		10,5	1,05	9,65		10,6	1	9,19
9		10,9	0,55	5,06		9,7	0,8	7,35		9,75	0,85	7,81
10		10,4	0,5	4,60		9,15	0,55	5,06		9,15	0,6	5,51
11		10,05	0,35	3,22		8,9	0,25	2,3		8,8	0,35	3,22
12		9,85	0,2	1,84		8,8	0,1	0,92		8,6	0,2	1,84
13		9,75	0,1	0,92		8,7	0,1	0,92		8,5	0,1	0,92
14		9,65	0,1	0,92		8,7	0	0		8,4	0,1	0,92
15		9,6	0,05	0,46		8,65	0,05	0,46		8,35	0,05	0,46
16		9,55	0,05	0,46		8,65	0	0		8,35	0	0
17		9,55	0	0		8,6	0,05	0,46		8,3	0,05	0,46
18		9,5	0,05	0,46		8,55	0,05	0,46		8,25	0,05	0,46
19		9,45	0,05	0,46		8,5	0,05	0,46		8,2	0,05	0,46
20		9,45	0	0		8,5	0	0		8,2	0	0

Таблица Б.8 – Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок кедра при T=393 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20	17,15	2,85	26,20	20,1	17,9	2,2	20,22	20	17,4	2,6	23,90
2		14,8	2,35	21,60		15	2,9	26,66		14,8	2,6	23,90
3		13,45	1,35	12,41		12,8	2,2	20,22		13,05	1,75	16,09
4		12,9	0,55	5,06		11,2	1,6	14,71		12,1	0,95	8,73
5		12,7	0,2	1,84		10,25	0,95	8,73		11,3	0,8	7,35
6		12,55	0,15	1,38		9,8	0,45	4,14		10,65	0,65	5,98
7		12,5	0,05	0,46		9,65	0,15	1,38		10,5	0,15	1,38
8		12,45	0,05	0,46		9,6	0,05	0,46		10,45	0,05	0,46
9		12,4	0,05	0,46		9,55	0,05	0,46		10,4	0,05	0,46

Продолжение таблицы Б.8

10		12,35	0,05	0,46		9,55	0	0,00		10,35	0,05	0,46
11		12,35	0	0,00		9,55	0	0,00		10,35	0	0,00

Таблица Б.9– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок сосны при T=333 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	19,76	17,675	2,085	19,17	19,56	17,3	2,26	20,78	20,1	16,77	3,33	30,61
2		15,6	2,075	19,08		15,9	1,4	12,87		15,1	1,67	15,35
3		13,83	1,77	16,27		14,86	1,04	9,56		13,5	1,6	14,71
4		12,62	1,21	11,12		13,87	0,99	9,10		11,98	1,52	13,97
5		11,6	1,02	9,38		12,85	1,02	9,38		11,2	0,78	7,17
6		10,8	0,8	7,35		11,87	0,98	9,01		10,6	0,6	5,52
7		9,95	0,85	7,81		11,03	0,84	7,72		9,99	0,61	5,61
8		9,32	0,63	5,79		10,31	0,72	6,62		9,51	0,48	4,41
9		9,02	0,3	2,76		9,68	0,63	5,79		9,2	0,31	2,85
10		8,82	0,2	1,84		9,1	0,58	5,33		9,01	0,19	1,75
11		8,64	0,18	1,65		8,67	0,43	3,95		8,93	0,08	0,74
12		8,52	0,12	1,10		8,32	0,35	3,22		8,6	0,33	3,03
13		8,42	0,1	0,92		8,1	0,22	2,02		8,45	0,15	1,38
14		8,31	0,11	1,01		7,96	0,14	1,29		8,35	0,1	0,92
15		8,23	0,08	0,74		7,9	0,06	0,55		8,25	0,1	0,92
16		8,17	0,06	0,55		7,85	0,05	0,46		8,2	0,05	0,46
17		8,17	0	0		7,85	0	0		8,2	0	0

Таблица Б.10– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок сосны при T=353 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20,14	15,8	4,34	39,90	19,89	17,14	2,75	25,28	19,0	15,65	3,35	30,80
2		12,36	3,44	31,62		13,85	3,29	30,24		13,16	2,49	22,89
3		11,56	0,8	7,35		11,93	1,92	17,65		11,82	1,34	12,32
4		10,93	0,63	5,79		10,92	1,01	9,28		10,92	0,9	8,27
5		10,57	0,36	3,31		10,17	0,75	6,89		10,23	0,69	6,34
6		10,23	0,34	3,13		9,7	0,47	4,32		9,64	0,59	5,42
7		9,9	0,33	3,03		9,67	0,03	0,28		9,18	0,46	4,23
8		9,59	0,31	2,85		9,36	0,31	2,85		8,83	0,35	3,22
9		9,36	0,23	2,11		9,15	0,21	1,93		8,53	0,3	2,76

Продолжение таблицы Б.10

10		9,16	0,2	1,84		8,96	0,19	1,75		8,34	0,19	1,75
11		8,95	0,21	1,93		8,8	0,16	1,47		8,2	0,14	1,29
12		8,85	0,1	0,92		8,7	0,1	0,92		8,07	0,13	1,20
13		8,75	0,1	0,92		8,64	0,06	0,55		7,97	0,1	0,92
14		8,7	0,05	0,46		8,6	0,04	0,37		7,92	0,05	0,46
15		8,7	0	0,00		8,6	0	0,00		7,92	0	0,00

Таблица Б.11– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок сосны при T=373 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	20,26	14,22	6,04	55,52	19,74	13,56	6,18	56,81	20,06	14,8	5,26	48,35
2		12,25	1,97	18,11		11,2	2,36	21,70		12,68	2,12	19,49
3		11,03	1,22	11,22		10,14	1,06	9,74		11,4	1,28	11,77
4		10,14	0,89	8,18		9,3	0,84	7,72		10,54	0,86	7,91
5		9,48	0,66	6,07		8,83	0,47	4,32		10	0,54	4,96
6		8,94	0,54	4,96		8,5	0,33	3,03		9,36	0,64	5,88
7		8,52	0,42	3,86		8,16	0,34	3,13		8,92	0,44	4,04
8		8,18	0,34	3,13		7,81	0,35	3,22		8,48	0,44	4,04
9		7,91	0,27	2,48		7,68	0,13	1,20		8,15	0,33	3,03
10		7,7	0,21	1,93		7,52	0,16	1,47		7,89	0,26	2,39
11		7,6	0,1	0,92		7,42	0,1	0,92		7,78	0,11	1,01
12		7,55	0,05	0,46		7,37	0,05	0,46		7,68	0,1	0,92
13		7,5	0,05	0,46		7,32	0,05	0,46		7,62	0,06	0,55
14		7,5	0	0,00		7,32	0	0,00		7,62	0	0,00

Таблица Б.12– Результаты расчета массовой скорости испарения для иголок сосны при T=393 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	21,07	13,1	7,97	73,27	20,9	13,83	7,07	64,99	20,5	13,4	7,1	65,27
2		10,44	2,66	24,45		11,76	2,07	19,03		11,23	2,17	19,95
3		10,22	0,22	2,02		11,51	0,25	2,30		11,01	0,22	2,02
4		10,11	0,11	1,01		11,47	0,04	0,37		10,92	0,09	0,83
5		10,06	0,05	0,46		11,37	0,1	0,92		10,85	0,07	0,64
6		10	0,06	0,55		11,34	0,03	0,28		10,81	0,04	0,37
7		9,98	0,02	0,18		11,29	0,05	0,46		10,78	0,03	0,28
8		9,95	0,03	0,28		11,27	0,02	0,18		10,75	0,03	0,28

Продолжение таблицы Б.12

9		9,92	0,03	0,28		11,24	0,03	0,28		10,73	0,02	0,18
10		9,9	0,02	0,18		11,22	0,02	0,18		10,71	0,02	0,18
11		9,89	0,01	0,09		11,21	0,01	0,09		10,7	0,01	0,09
12		9,89	0	0,00		11,21	0	0,00		10,7	0	0,00

Таблица Б.13– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток ели при T=333 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	32,9	31,83	1,07	10,93	43,2	41,75	1,45	14,63	34,6	33,2	1,4	14,30
2		29,83	2	20,42		39,79	1,96	19,77		31,04	2,16	22,06
3		28,32	1,51	15,42		38,31	1,48	14,93		29,6	1,44	14,71
4		27,15	1,17	11,95		37,03	1,28	12,91		28,42	1,18	12,05
5		25,74	1,41	14,40		35,52	1,51	15,23		27,02	1,4	14,30
6		24,64	1,1	11,23		34,31	1,21	12,21		25,93	1,09	11,13
7		23,83	0,81	8,27		33,39	0,92	9,28		24,97	0,96	9,80
8		22,9	0,93	9,50		32,31	1,08	10,90		23,87	1,1	11,23
9		22,13	0,77	7,86		31,32	0,99	9,99		23,02	0,85	8,68
10		21,72	0,41	4,19		30,58	0,74	7,47		22,21	0,81	8,27
11		21,21	0,51	5,21		29,81	0,77	7,77		21,47	0,74	7,56
12		20,7	0,51	5,21		28,98	0,83	8,37		20,93	0,54	5,51
13		20,59	0,11	1,12		28,41	0,57	5,75		20,46	0,47	4,80
14		20,55	0,04	0,41		28,12	0,29	2,93		20,24	0,22	2,25
15		20,32	0,23	2,35		27,6	0,52	5,25		20	0,24	2,45
16		20,24	0,08	0,82		27,28	0,32	3,23		19,76	0,24	2,45
17		20,23	0,01	0,10		27,17	0,11	1,11		19,65	0,11	1,12
18		20,19	0,04	0,41		27,11	0,06	0,61		19,56	0,09	0,92
19		20,1	0,09	0,92		27,03	0,08	0,81		19,49	0,07	0,71
20		20,1	0	0,00		26,99	0,04	0,40		19,47	0,02	0,20
21		20,1	0	0,00		26,99	0	0,00		19,47	0	0,00

Таблица Б.14– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток ели при T=353 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	28,1	26,83	1,27	13,06	27,3	26,12	1,18	12,14	32,5	31,43	1,07	10,91
2		23,9	2,93	30,13		23,97	2,15	22,12		29,83	1,6	16,31
3		21,84	2,06	21,18		21,92	2,05	21,09		28,12	1,71	17,43

Продолжение таблицы Б.14

4		20,41	1,43	14,70		20,47	1,45	14,92		26,89	1,23	12,54
5		19,23	1,18	12,13		19,34	1,13	11,63		25,79	1,1	11,21
6		18,63	0,6	6,17		18,69	0,65	6,69		25	0,79	8,05
7		18,19	0,44	4,52		18,05	0,64	6,58		24,35	0,65	6,63
8		17,93	0,26	2,67		17,57	0,48	4,94		23,93	0,42	4,28
9		17,83	0,1	1,03		17,1	0,47	4,84		23,58	0,35	3,57
10		17,75	0,08	0,82		16,75	0,35	3,60		23,32	0,26	2,65
11		17,7	0,05	0,51		16,48	0,27	2,78		23,13	0,19	1,94
12		17,68	0,02	0,21		16,36	0,12	1,23		22,98	0,15	1,53
13		17,65	0,03	0,31		16,27	0,09	0,93		22,89	0,09	0,92
14		17,64	0,01	0,10		16,24	0,03	0,31		22,85	0,04	0,41
15		17,63	0,01	0,10		16,23	0,01	0,10		22,83	0,02	0,20
16		17,63	0	0		16,23	0	0		22,83	0	0

Таблица Б.15– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток ели при T=373 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	19,47	16,26	3,21	33,02	33,5	29,75	3,75	38,34	25,71	22,8	2,91	29,94
2		13,95	2,31	23,77		25,72	4,03	41,21		20,43	2,37	24,38
3		13,45	0,5	5,14		23,4	2,32	23,72		19,38	1,05	10,80
4		13,26	0,19	1,95		21,67	1,73	17,69		18,34	1,04	10,70
5		13,23	0,03	0,31		21,05	0,62	6,34		17,57	0,77	7,92
6		13,2	0,03	0,31		20,75	0,3	3,07		16,97	0,6	6,17
7		13,18	0,02	0,21		20,7	0,05	0,51		16,64	0,33	3,40
8		13,17	0,01	0,10		20,65	0,05	0,51		16,5	0,14	1,44
9		13,16	0,01	0,10		20,61	0,04	0,41		16,4	0,1	1,03
10		13,15	0,01	0,10		20,6	0,01	0,10		16,35	0,05	0,51
11		13,14	0,01	0,10		20,56	0,04	0,41		16,31	0,04	0,41
12		13,14	0	0,00		20,55	0,01	0,10		16,3	0,01	0,10
13		13,14	0	0,00		20,55	0	0,00		16,3	0	0,00

Таблица Б.16– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток ели при T=393 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	33,93	29,17	4,76	48,97	26,3	22,72	3,58	36,83	28,53	24,67	3,86	39,59
2		24,2	4,97	51,13		18,95	3,77	38,79		21,73	2,94	30,15



Продолжение таблицы Б.16

3		21,04	3,16	32,51		15,87	3,08	31,69		18,63	3,1	31,79
4		20,08	0,96	9,88		14,52	1,35	13,89		17,34	1,29	13,23
5		19,91	0,17	1,75		13,89	0,63	6,48		16,73	0,61	6,26
6		19,78	0,13	1,34		13,42	0,47	4,84		16,32	0,41	4,21
7		19,72	0,06	0,62		13,05	0,37	3,81		16,03	0,29	2,97
8		19,65	0,07	0,72		12,89	0,16	1,65		15,85	0,18	1,85
9		19,61	0,04	0,41		12,79	0,1	1,03		15,74	0,11	1,13
10		19,59	0,02	0,21		12,74	0,05	0,51		15,71	0,03	0,31
11		19,58	0,01	0,10		12,73	0,01	0,10		15,7	0,01	0,10
12		19,58	0	0,00		12,73	0	0,00		15,7	0	0,00

Таблица Б.17– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток кедра при T=333 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	37,75	36,3	1,45	14,12	32,67	31,29	1,38	13,37	29,54	28,13	1,41	13,99
2		34,3	2	19,47		29,4	1,89	18,31		26,33	1,8	17,86
3		32,81	1,49	14,51		27,86	1,54	14,92		24,95	1,38	13,69
4		31,38	1,43	13,92		26,43	1,43	13,86		23,6	1,35	13,39
5		29,6	1,78	17,33		24,79	1,64	15,89		22,26	1,34	13,29
6		28,19	1,41	13,73		23,38	1,41	13,66		21	1,26	12,50
7		27,07	1,12	10,90		22,27	1,11	10,76		19,9	1,1	10,91
8		25,67	1,4	13,63		21,17	1,1	10,66		18,85	1,05	10,42
9		24,48	1,19	11,58		20,15	1,02	9,88		17,87	0,98	9,72
10		23,62	0,86	8,37		19,23	0,92	8,91		16,98	0,89	8,83
11		22,74	0,88	8,57		18,35	0,88	8,53		16,16	0,82	8,13
12		21,87	0,87	8,47		17,53	0,82	7,95		15,44	0,72	7,14
13		21,3	0,57	5,55		16,88	0,65	6,30		14,88	0,56	5,56
14		20,84	0,46	4,48		16,34	0,54	5,23		14,38	0,5	4,96
15		20,35	0,49	4,77		15,86	0,48	4,65		13,93	0,45	4,46
16		20,05	0,3	2,92		15,43	0,43	4,17		13,54	0,39	3,87
17		20,02	0,03	0,29		15,05	0,38	3,68		13,19	0,35	3,47
18		19,73	0,29	2,82		14,71	0,34	3,29		12,87	0,32	3,17
19		19,48	0,25	2,43		14,46	0,25	2,42		12,6	0,27	2,68
20		19,47	0,01	0,10		14,26	0,2	1,94		12,39	0,21	2,08
21		19,43	0,04	0,39		14,11	0,15	1,45		12,23	0,16	1,59
22		19,3	0,13	1,27		14,01	0,1	0,97		12,11	0,12	1,19
23		19,27	0,03	0,29		13,96	0,05	0,48		12,05	0,06	0,60

Продолжение таблицы Б.17

24		19,26	0,01	0,10		13,91	0,05	0,48		12,02	0,03	0,30
25		19,26	0	0		13,91	0	0,00		12,02	0	0,00

Таблица Б.18– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток кедра при T=353 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	42,5	40,59	1,91	17,69	31,0	28,75	2,25	21,07	34,65	32,3	2,35	22,00
2		37,39	3,2	29,63		25,63	3,12	29,21		29,18	3,12	29,21
3		34,63	2,76	25,56		23,31	2,32	21,72		26,72	2,46	23,03
4		32,34	2,29	21,20		21,03	2,28	21,35		24,6	2,12	19,85
5		30,03	2,31	21,39		18,88	2,15	20,13		22,57	2,03	19,01
6		28,19	1,84	17,04		17,54	1,34	12,55		20,89	1,68	15,73
7		26,79	1,4	12,96		16,39	1,15	10,77		19,54	1,35	12,64
8		25,29	1,5	13,89		15,74	0,65	6,09		18,48	1,06	9,93
9		24,23	1,06	9,81		15,34	0,4	3,75		17,66	0,82	7,68
10		23,33	0,9	8,33		14,97	0,37	3,46		16,94	0,72	6,74
11		22,54	0,79	7,31		14,69	0,28	2,62		16,33	0,61	5,71
12		22,11	0,43	3,98		14,48	0,21	1,97		15,81	0,52	4,87
13		21,68	0,43	3,98		14,25	0,23	2,15		15,33	0,48	4,49
14		21,55	0,13	1,20		14,03	0,22	2,06		14,87	0,46	4,31
15		21,49	0,06	0,56		13,89	0,14	1,31		14,53	0,34	3,18
16		21,42	0,07	0,65		13,73	0,16	1,50		14,32	0,21	1,97
17		21,4	0,02	0,19		13,62	0,11	1,03		14,15	0,17	1,59
18		21,38	0,02	0,19		13,54	0,08	0,75		14,02	0,13	1,22
19		21,37	0,01	0,09		13,47	0,07	0,66		13,94	0,08	0,75
20		21,36	0,01	0,09		13,44	0,03	0,28		13,89	0,05	0,47
21		21,34	0,02	0,19		13,43	0,01	0,09		13,84	0,05	0,47
22		21,33	0,01	0,09		13,43	0	0,00		13,84	0	0,00
23		21,33	0	0,00		13,43	0	0,00		13,84	0	0,00

Таблица Б.19– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток кедра при T=373 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	42,42	38,54	3,88	34,95	37,28	33,86	3,42	32,02	36,87	34,57	2,3	21,54
2		33,06	5,48	49,37		29,97	3,89	36,42		31,07	3,5	32,77
3		28,6	4,46	40,18		26,35	3,62	33,90		27,97	3,1	29,03

Продолжение таблицы Б.19

4		25,1	3,5	31,53		23,23	3,12	29,21		25,67	2,3	21,54
5		23,24	1,86	16,76		21,25	1,98	18,54		23,97	1,7	15,92
6		22,27	0,97	8,74		19,9	1,35	12,64		22,55	1,42	13,30
7		21,87	0,4	3,60		19,03	0,87	8,15		21,62	0,93	8,71
8		21,76	0,11	0,99		18,36	0,67	6,27		20,9	0,72	6,74
9		21,68	0,08	0,72		17,85	0,51	4,78		20,3	0,6	5,62
10		21,64	0,04	0,36		17,45	0,4	3,75		19,81	0,49	4,59
11		21,61	0,03	0,27		17,04	0,41	3,84		19,4	0,41	3,84
12		21,59	0,02	0,18		16,74	0,3	2,81		19,08	0,32	3,00
13		21,57	0,02	0,18		16,5	0,24	2,25		18,87	0,21	1,97
14		21,55	0,02	0,18		16,4	0,1	0,94		18,77	0,1	0,94
15		21,54	0,01	0,09		16,35	0,05	0,47		18,72	0,05	0,47
16		21,54	0	0,00		16,35	0	0,00		18,72	0	0,00

Таблица Б.20– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток кедра при T=393 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	27,15	21,29	5,86	55,81	39,84	34,88	4,96	45,93	37,64	33,62	4,02	37,22
2		15,22	6,07	57,81		28,69	6,19	57,31		27,94	5,68	52,59
3		13,56	1,66	15,81		26,8	1,89	17,50		24,84	3,1	28,70
4		13,25	0,31	2,95		26	0,8	7,41		23,34	1,5	13,89
5		13,14	0,11	1,05		25,46	0,54	5,00		22,54	0,8	7,41
6		13,05	0,09	0,86		25,14	0,32	2,96		22,18	0,36	3,33
7		13	0,05	0,48		25	0,14	1,30		21,98	0,2	1,85
8		12,98	0,02	0,19		24,4	0,6	5,56		21,88	0,1	0,93
9		12,98	0	0,00		24,31	0,09	0,83		21,84	0,04	0,37
10		12,98	0	0,00		24,31	0	0,00		21,84	0	0,00

Таблица Б.21– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток сосны при T=333 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	33,25	30,5	2,75	25,28	29,65	27,25	2,4	22,06	31,55	29,17	2,38	21,88
2		27,56	2,94	27,03		25,77	1,48	13,61		27,12	2,05	18,85
3		25,38	2,18	20,04		24,35	1,42	13,05		25,27	1,85	17,01
4		23,88	1,5	13,79		23,05	1,3	11,95		23,87	1,4	12,87
5		22,22	1,66	15,26		21,85	1,2	11,03		22,82	1,05	9,65

Продолжение таблицы Б.21

6		20,85	1,37	12,59		20,65	1,2	11,03		21,85	0,97	8,92
7		19,45	1,4	12,87		19,55	1,1	10,11		20,9	0,95	8,73
8		18,23	1,22	11,22		18,54	1,01	9,28		20,1	0,8	7,35
9		17,37	0,86	7,91		17,68	0,86	7,91		19,46	0,64	5,88
10		16,66	0,71	6,53		16,88	0,8	7,35		18,96	0,5	4,60
11		16,05	0,61	5,61		16,25	0,63	5,79		18,57	0,39	3,59
12		15,72	0,33	3,03		15,86	0,39	3,59		18,26	0,31	2,85
13		15,49	0,23	2,11		15,53	0,33	3,03		18,01	0,25	2,30
14		15,33	0,16	1,47		15,39	0,14	1,29		17,85	0,16	1,47
15		15,23	0,1	0,92		15,29	0,1	0,92		17,74	0,11	1,01
16		15,18	0,05	0,46		15,23	0,06	0,55		17,68	0,06	0,55
17		15,13	0	0		7,85	0	0		8,2	0	0

Таблица Б.22– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток сосны при T=353 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	31,24	27,03	4,21	38,70	33,55	30,35	3,2	29,42	35,65	32,3	3,35	30,80
2		23,78	3,25	29,88		27,72	2,63	24,18		29,35	2,95	27,12
3		22,13	1,65	15,17		25,87	1,85	17,01		27,05	2,3	21,14
4		20,92	1,21	11,12		24,22	1,65	15,17		25,45	1,6	14,71
5		19,9	1,02	9,38		22,9	1,32	12,13		24,49	0,96	8,83
6		19,04	0,86	7,91		22,1	0,8	7,35		23,64	0,85	7,81
7		18,26	0,78	7,17		21,35	0,75	6,89		23,01	0,63	5,79
8		17,61	0,65	5,98		20,69	0,66	6,07		22,46	0,55	5,06
9		17,08	0,53	4,87		20,19	0,5	4,60		22,03	0,43	3,95
10		16,63	0,45	4,14		19,89	0,3	2,76		21,68	0,35	3,22
11		16,23	0,4	3,68		19,61	0,28	2,57		21,48	0,2	1,84
12		15,98	0,25	2,30		19,48	0,13	1,20		21,33	0,15	1,38
13		15,88	0,1	0,92		19,38	0,1	0,92		21,23	0,1	0,92
14		15,83	0,05	0,46		19,33	0,05	0,46		21,18	0,05	0,46
15		15,78	0,05	0,46		19,28	0,05	0,46		21,13	0,05	0,46
16		15,78	0	0,00		19,28	0	0,00		21,13	0	0,00

Таблица Б.23– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток сосны при T=373 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	30,5	24,42	6,08	55,89	31,55	25,9	5,65	56,81	33,55	27,45	6,1	56,08
2		20,92	3,5	32,18		22,7	3,2	21,70		23,6	3,85	35,39
3		18,97	1,95	17,93		20,85	1,85	9,74		21,5	2,1	19,31
4		17,52	1,45	13,33		19,5	1,35	7,72		20,05	1,45	13,33
5		16,47	1,05	9,65		18,45	1,05	4,32		19	1,05	9,65
6		15,67	0,8	7,35		17,65	0,8	3,03		18,15	0,85	7,81
7		15,02	0,65	5,98		17	0,65	3,13		17,55	0,6	5,52
8		14,68	0,34	3,13		16,57	0,43	3,22		17,15	0,4	3,68
9		14,48	0,2	1,84		16,25	0,32	1,20		17	0,15	1,38
10		14,33	0,15	1,38		16,03	0,22	1,47		16,85	0,15	1,38
11		14,23	0,1	0,92		15,9	0,13	0,92		16,75	0,1	0,92
12		14,18	0,05	0,46		15,82	0,08	0,46		16,7	0,05	0,46
13		14,13	0,05	0,46		15,78	0,04	0,46		16,65	0,05	0,46
14		14,13	0	0,00		15,78	0	0,00		16,65	0	0,00

Таблица Б.24– Результаты расчета массовой скорости испарения для веток сосны при T=393 К

№ опыта	Измерение №1				Измерение №2				Измерение №3			
	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	Начальная масса образца, г	Масса образца после испарения, г	$\Delta t$ , г	$w_{\text{исп}} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с
1	37,5	29,3	8,2	75,38	35,55	28,05	7,5	68,95	30,7	24,6	6,1	56,08
2		26,2	3,1	28,50		24,4	3,65	33,55		21,45	3,15	28,96
3		24,86	1,34	12,32		22,55	1,85	17,01		20,05	1,4	12,87
4		24,06	0,8	7,35		21,53	1,02	9,38		19	1,05	9,65
5		23,56	0,5	4,60		20,73	0,8	7,35		18,2	0,8	7,35
6		23,21	0,35	3,22		20,13	0,6	5,52		17,55	0,65	5,98
7		23	0,21	1,93		19,72	0,41	3,77		17,05	0,5	4,60
8		22,85	0,15	1,38		19,47	0,25	2,30		16,85	0,2	1,84
9		22,75	0,1	0,92		19,32	0,15	1,38		16,7	0,15	1,38
10		22,7	0,05	0,46		19,22	0,1	0,92		16,65	0,05	0,46
11		22,65	0,05	0,46		19,17	0,05	0,46		16,6	0,05	0,46
12		22,65	0	0,00		19,17	0	0,00		16,6	0	0,00

## Приложение В (Обязательное)

### Результаты погрешности измерений

Таблица В.1 – Результаты погрешности измерений для иголок ели при T=333 К

$w_1 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}},$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
4,137	5,056	5,056	4,500	0,613	0,593	0,908	0,908	0,354	1,521	0,338
3,218	4,596	4,137	3,984	0,702	1,091	0,873	0,218	0,405	1,743	0,438
2,758	4,137	4,596	3,830	0,957	1,121	0,320	0,801	0,552	2,375	0,620
2,298	3,677	4,596	3,524	1,157	1,060	0,132	0,927	0,668	2,872	0,815
1,839	4,137	2,758	3,300	1,251	1,168	0,669	0,433	0,722	3,106	0,941
3,218	3,218	3,677	3,100	0,425	0,277	0,277	1,359	0,245	1,054	0,340
2,758	3,677	2,758	3,000	0,537	0,451	1,262	0,451	0,310	1,332	0,444
2,298	3,218	3,677	2,900	0,730	0,824	0,435	1,064	0,422	1,813	0,625
2,298	3,218	3,218	2,800	0,548	0,916	0,762	0,762	0,316	1,360	0,486
1,839	3,218	3,677	2,700	0,991	0,869	0,522	0,986	0,572	2,461	0,911
1,839	3,218	3,218	2,600	0,819	0,929	0,754	0,754	0,473	2,034	0,782
1,839	3,218	3,218	2,500	0,856	0,772	0,838	0,838	0,494	2,126	0,851
1,839	2,298	1,839	2,400	0,566	0,992	0,180	0,992	0,327	1,405	0,586
1,839	1,839	2,298	2,200	0,368	0,982	0,982	0,267	0,212	0,914	0,415
1,379	2,298	2,298	2,000	0,531	1,170	0,562	0,562	0,306	1,318	0,659
1,379	1,839	1,839	1,900	0,374	1,395	0,164	0,164	0,216	0,927	0,488
1,379	1,839	2,298	1,839	0,460	1,000	0,000	1,000	0,265	1,141	0,621
1,379	1,839	1,839	1,700	0,266	1,207	0,521	0,521	0,154	0,660	0,388
1,379	1,379	1,839	1,532	0,265	0,577	0,577	1,155	0,153	0,659	0,430
1,379	1,379	1,379	1,379	0,000	0,554	1,177	0,554	0,000	0,000	0,000
1,379	1,839	0,919	1,300	0,470	0,168	1,147	0,811	0,271	1,166	0,897
0,919	1,379	1,379	1,226	0,265	1,155	0,577	0,577	0,153	0,659	0,538

Продолжение таблицы В.1

1,379	1,379	1,839	1,100	0,592	0,471	0,471	1,247	0,342	1,470	1,336
0,919	1,839	1,839	1,000	0,841	0,096	0,998	0,998	0,485	2,087	2,087
0,919	1,379	0,919	1,000	0,280	0,288	1,354	0,288	0,162	0,695	0,695
1,379	1,379	1,379	1,000	0,464	0,816	0,816	0,816	0,268	1,152	1,152
0,919	0,919	0,919	0,919	0,000	1,155	0,577	0,577	0,000	0,000	0,000
0,919	0,919	0,919	0,919	0,000	1,155	0,577	0,577	0,000	0,000	0,000
0,919	0,919	0,919	0,919	0,000	0,816	0,816	0,816	0,000	0,000	0,000
0,919	0,460	0,919	0,766	0,265	0,577	1,155	0,577	0,153	0,659	0,860
1,379	0,919	0,919	0,700	0,528	1,286	0,415	0,415	0,305	1,310	1,872
0,919	0,919	0,919	0,700	0,269	0,816	0,816	0,816	0,155	0,667	0,953
0,919	0,919	0,919	0,700	0,269	0,816	0,816	0,816	0,155	0,667	0,953
0,919	0,919	0,919	0,700	0,269	0,816	0,816	0,816	0,155	0,667	0,953
0,919	0,460	0,919	0,700	0,277	0,790	0,866	0,790	0,160	0,689	0,984
0,460	0,460	0,919	0,700	0,286	0,840	0,840	0,767	0,165	0,710	1,014
1,379	0,919	0,919	0,700	0,528	1,286	0,415	0,415	0,305	1,310	1,872
0,919	0,919287	0,919287	0,700	0,269	0,816	0,816	0,816	0,155	0,667	0,953
0,460	0,459643	0,459643	0,460	0,000	0,579	0,579	1,153	0,000	0,000	0,000
0,919	0,919287	0,459643	0,400	0,521	0,997	0,997	0,114	0,301	1,293	3,234
0,919	0,459643	0,459643	0,300	0,466	1,329	0,343	0,343	0,269	1,157	3,857
0,460	0,919287	0,919287	0,250	0,686	0,306	0,976	0,976	0,396	1,702	6,807
0,919	0,459643	0,459643	0,250	0,518	1,293	0,405	0,405	0,299	1,285	5,140
0,460	0,919287	0,459643	0,200	0,571	0,455	1,260	0,455	0,330	1,418	7,088
0,460	0,459643	0,459643	0,200	0,318	0,816	0,816	0,816	0,184	0,789	3,947
0	0,459643	0	0,153	0,265	0,577	1,155	0,577	0,153	0,659	4,300
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0

Таблица В.2 – Результаты погрешности измерений для иголок ели при T=353 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	${}^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	${}^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
5,980	5,060	5,060	6,600	1,601	0,387	0,962	0,962	0,924	3,975	0,602
6,900	5,520	5,980	6,000	0,721	1,248	0,665	0,028	0,416	1,791	0,298
6,440	4,600	5,520	5,520	0,920	1,000	1,000	0,000	0,531	2,284	0,414
5,520	5,980	5,520	5,200	0,638	0,502	1,223	0,502	0,368	1,583	0,304
5,520	10,100	9,200	5,000	4,686	0,111	1,088	0,896	2,706	11,634	2,327
5,520	5,060	4,140	4,800	0,715	1,007	0,364	0,923	0,413	1,774	0,370
5,060	5,060	5,520	4,600	0,797	0,577	0,577	1,155	0,460	1,978	0,430
5,060	4,600	4,140	4,400	0,521	1,266	0,384	0,499	0,301	1,294	0,294
4,600	4,600	5,520	4,200	1,015	0,394	0,394	1,300	0,586	2,521	0,600
4,600	4,600	4,140	4,000	0,608	0,987	0,987	0,230	0,351	1,510	0,377
4,600	4,600	4,600	4,000	0,735	0,816	0,816	0,816	0,424	1,824	0,456
4,140	3,680	3,220	3,900	0,533	0,450	0,413	1,276	0,308	1,323	0,339
4,140	3,680	4,140	3,800	0,350	0,970	0,342	0,970	0,202	0,870	0,229
3,220	3,220	4,140	3,527	0,531	0,577	0,577	1,155	0,307	1,319	0,374
3,220	4,140	1,380	3,300	1,483	0,054	0,566	1,295	0,856	3,682	1,116
3,220	3,220	2,760	3,067	0,266	0,577	0,577	1,155	0,153	0,659	0,215
2,760	2,760	2,760	2,900	0,171	0,816	0,816	0,816	0,099	0,426	0,147
2,300	2,300	0,920	2,760	1,380	0,333	0,333	1,333	0,797	3,426	1,241
2,300	2,760	3,220	2,760	0,460	1,000	0,000	1,000	0,266	1,142	0,414
1,380	1,840	1,840	2,500	1,031	1,086	0,640	0,640	0,595	2,559	1,024
1,380	2,300	0,920	2,300	1,173	0,784	0,000	1,177	0,677	2,912	1,266
1,380	1,840	0,920	2,100	0,995	0,724	0,261	1,186	0,574	2,469	1,176
1,380	1,380	2,300	1,900	0,592	0,878	0,878	0,676	0,342	1,470	0,773
0,920	0,920	0,460	1,400	0,820	0,585	0,585	1,147	0,473	2,035	1,454
0,460	1,380	0,920	0,920	0,460	1,000	1,000	0,000	0,266	1,142	1,241



Продолжение таблицы В.2

0,460	0,460	0,000	0,700	0,550	0,436	0,436	1,273	0,318	1,366	1,951
0,460	0,000	0,000	0,400	0,402	0,149	0,994	0,994	0,232	0,999	2,497
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0,962	0,000	0,000	0

Таблица В.3 – Результаты погрешности измерений для иголок ели при T=373 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
11,000	11,000	13,300	11,767	1,328	0,577	0,577	1,155	0,767	3,297	0,280
16,600	15,600	18,900	17,033	1,692	0,256	0,847	1,103	0,977	4,201	0,247
15,200	15,600	17,900	16,800	1,614	0,991	0,743	0,682	0,932	4,007	0,239
14,700	15,200	16,600	15,500	0,985	0,812	0,305	1,117	0,569	2,445	0,158
12,900	14,700	12,900	13,500	1,039	0,577	1,155	0,577	0,600	2,580	0,191
9,660	12,900	10,100	10,887	1,757	0,698	1,146	0,448	1,015	4,363	0,401
5,520	9,660	5,520	6,900	2,390	0,577	1,155	0,577	1,380	5,934	0,860
2,300	5,060	2,760	3,373	1,479	0,726	1,141	0,415	0,854	3,671	1,088
0,920	2,300	0,920	1,380	0,797	0,577	1,155	0,577	0,460	1,978	1,433
0,000	0,460	0,000	0,500	0,501	0,998	0,080	0,998	0,289	1,243	2,487
0,000	0,460	0,000	0,153	0,266	0,577	1,155	0,577	0,153	0,659	4,300
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0

Таблица В.4 – Результаты погрешности измерений для иголок ели при T=393 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
23,000	26,200	24,800	24,667	1,604	1,039	0,956	0,083	0,926	3,983	8,199
29,000	29,400	28,500	28,967	0,451	0,074	0,961	1,035	0,260	1,119	7,254
24,800	23,000	23,000	23,600	1,039	1,155	0,577	0,577	0,600	2,580	7,617
18,900	12,900	17,500	16,433	3,139	0,786	1,126	0,340	1,812	7,793	10,587
9,660	6,900	8,280	8,280	1,380	1,000	1,000	0,000	0,797	3,426	7,943
3,220	2,300	3,680	3,067	0,703	0,218	1,091	0,873	0,406	1,744	7,376
0,460	0,000	0,460	0,900	0,774	0,569	1,163	0,569	0,447	1,921	7,420

Продолжение таблицы В.4

0,460	0,000	0,000	0,153	0,266	1,155	0,577	0,577	0,153	0,659	7,197
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0,000	0,000	7,167

Таблица В.5 – Результаты погрешности измерений для иголок кедрa при T=333 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
2,76	2,76	1,84	2,000	0,768	0,9891	0,9891	0,208232	0,444	1,908	0,954
2,76	2,76	2,76	2,760	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
3,22	3,22	2,76	3,200	0,312	0,06415	0,06415	1,411301	0,180	0,774	0,242
3,68	3,68	4,14	3,833	0,266	0,57735	0,57735	1,154701	0,153	0,659	0,172
2,76	3,68	3,2	3,800	0,853	1,218899	0,140642	0,703211	0,493	2,118	0,557
3,68	3,68	3,68	3,680	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
3,22	3,22	3,68	3,373	0,266	0,57735	0,57735	1,154701	0,153	0,659	0,195
2,76	3,22	3,68	3,220	0,460	1	0	1	0,266	1,142	0,355
3,22	2,76	3,2	3,060	0,260	0,615385	1,153846	0,538462	0,150	0,645	0,211
2,3	2,76	3,2	2,900	0,485	1,238233	0,288921	0,619116	0,280	1,203	0,415
2,76	2,3	3,2	2,753	0,450	0,014814	1,007325	0,992511	0,260	1,117	0,406
2,3	2,3	2,76	2,453	0,266	0,57735	0,57735	1,154701	0,153	0,659	0,269
1,84	1,84	2,76	2,300	0,563	0,816497	0,816497	0,816497	0,325	1,399	0,608
1,84	1,84	2,76	2,147	0,531	0,57735	0,57735	1,154701	0,307	1,319	0,614
1,84	2,3	2,3	2,000	0,321	0,499026	0,935674	0,935674	0,185	0,796	0,398
1,38	1,38	2,3	1,687	0,531	0,57735	0,57735	1,154701	0,307	1,319	0,782
0,92	1,38	2,3	1,533	0,703	0,872872	0,218218	1,091089	0,406	1,744	1,138
0,92	0,92	1,84	1,400	0,572	0,83914	0,83914	0,769212	0,330	1,420	1,014
0,92	0,92	1,84	1,227	0,531	0,57735	0,57735	1,154701	0,307	1,319	1,075
0,46	0,92	1,38	0,920	0,460	1	0	1	0,266	1,142	1,241
0,46	0,46	1,38	0,767	0,531	0,57735	0,57735	1,154701	0,307	1,319	1,720
0,46	0,46	0,92	0,700	0,286	0,83914	0,83914	0,769212	0,165	0,710	1,014

Продолжение таблицы В.5

0,46	0,92	0,92	0,700	0,278	0,863779	0,791797	0,791797	0,160	0,690	0,985
0,46	0,46	0,92	0,613	0,266	0,57735	0,57735	1,154701	0,153	0,659	1,075
0,46	0,46	0,92	0,613	0,266	0,57735	0,57735	1,154701	0,153	0,659	1,075
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,92	0,460	0,325	0	0	1,414214	0,188	0,808	1,755
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,92	0,92	0,460	0,460	0	1	1	0,266	1,142	2,483
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0	0,46	0,46	0,460	0,325	1,414214	0	0	0,188	0,808	1,755
0,46	0	0,46	0,460	0,325	0	1,414214	0	0,188	0,808	1,755
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,92	0,460	0,325	0	0	1,414214	0,188	0,808	1,755
0	0,46	0,46	0,460	0,325	1,414214	0	0	0,188	0,808	1,755
0,46	0,46	0	0,460	0,325	0	0	1,414214	0,188	0,808	1,755
0,46	0	0,46	0,460	0,325	0	1,414214	0	0,188	0,808	1,755
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0	0,460	0,325	0	0	1,414214	0,188	0,808	1,755
0	0	0,46	0,460	0,460	1	1	0	0,266	1,142	2,483
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0	0,46	0	0,500	0,501	0,998404	0,079872	0,998404	0,289	1,243	2,487
0,46	0	0,46	0,500	0,356	0,11242	1,405249	0,11242	0,205	0,883	1,767
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0,000	0	#ДЕЛ/0!	0	0,000	0,000	0,000

Продолжение таблицы В.5

0,46	0	0,46	0,200	0,296	0,878459	0,675737	0,878459	0,171	0,735	0
0	0	0	0,000	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0

Таблица В.6 – Результаты погрешности измерений для иголок кедр при T=353 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
4,14	1,84	2,76	2,913	1,157641	1,059626	0,927173	0,132453	0,668365	2,873967	0,986488
5,98	2,76	4,14	3,600	1,825048	1,304075	0,460262	0,295883	1,053692	4,530875	1,258576
3,68	3,68	3,22	3,527	0,265581	0,57735	0,57735	1,154701	0,153333	0,659333	0,186957
2,76	3,68	3,22	3,500	0,57376	1,289739	0,31372	0,488009	0,33126	1,424419	0,406977
3,22	3,68	3,22	3,500	0,307571	0,910359	0,58523	0,910359	0,177576	0,763578	0,218165
2,76	4,6	2,76	3,500	1,073592	0,689275	1,024598	0,689275	0,619839	2,665306	0,761516
3,22	3,68	3,68	3,527	0,265581	1,154701	0,57735	0,57735	0,153333	0,659333	0,186957
2,76	3,68	3,22	3,500	0,57376	1,289739	0,31372	0,488009	0,33126	1,424419	0,406977
3,22	3,68	3,68	3,527	0,265581	1,154701	0,57735	0,57735	0,153333	0,659333	0,186957
2,76	4,14	3,22	3,500	0,719583	1,028373	0,889404	0,389114	0,415452	1,786442	0,406977
2,76	3,68	2,76	3,500	0,750866	0,985528	0,239723	0,985528	0,433513	1,864105	0,186957
3,22	3,68	2,76	3,500	0,57376	0,488009	0,31372	1,289739	0,33126	1,424419	0,510412
2,76	3,22	3,68	3,500	0,57376	1,289739	0,488009	0,31372	0,33126	1,424419	0,532601
2,76	3,68	2,76	3,500	0,750866	0,985528	0,239723	0,985528	0,433513	1,864105	0,406977
2,76	3,22	2,76	3,500	0,766029	0,966021	0,365522	0,966021	0,442267	1,901748	0,406977
2,76	3,68	3,22	3,400	0,510098	1,254661	0,548914	0,352873	0,294505	1,266373	0,532601
2,76	3,22	2,76	3,200	0,440227	0,999484	0,045431	0,999484	0,254165	1,092911	0,543356
2,76	3,22	2,76	3,000	0,286007	0,83914	0,769212	0,83914	0,165126	0,710043	0,372463
2,76	2,76	2,76	2,760	0	0	0	0	0	0	0,341535
2,76	2,76	2,76	2,760	0	0	0	0	0	0	0,236681
2,3	2,3	2,3	2,300	0	0	0	0	0	0	0
2,3	2,3	2,3	2,300	0	0	0	0	0	0	0
2,3	2,3	2,3	2,300	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы В.6

2,3	1,84	2,3	2,300	0,325269	0	1,414214	0	0,187794	0,807515	0
2,3	2,3	2,3	2,300	0	0	0	0	0	0	0
2,3	1,84	2,3	2,147	0,265581	0,57735	1,154701	0,57735	0,153333	0,659333	0,351094
2,3	1,84	1,8	1,980	0,277849	1,151705	0,503871	0,647834	0,160416	0,689789	0
2,3	1,38	1,8	1,827	0,460579	1,027691	0,969793	0,057898	0,265916	1,143437	0,307143
2,3	1,84	2,3	1,800	0,500799	0,998404	0,079872	0,998404	0,289137	1,243288	0,348378
1,84	0,92	1,8	1,700	0,564801	0,247875	1,381018	0,177054	0,326088	1,402178	0,625969
1,84	1,38	1,8	1,673	0,25482	0,654056	1,151138	0,497083	0,147121	0,632618	0,690715
1,84	0,92	1,38	1,380	0,46	1	1	4,83E-16	0,265581	1,141999	0,824811
1,84	0,92	1,38	1,380	0,46	1	1	4,83E-16	0,265581	1,141999	0,378059
1,38	0,92	0,92	1,073	0,265581	1,154701	0,57735	0,57735	0,153333	0,659333	0,827535
0,92	0,46	0,92	0,900	0,311769	0,06415	1,411301	0,06415	0,18	0,774	0,827535
1,38	0,92	1,38	0,900	0,480208	0,999566	0,041649	0,999566	0,277248	1,192168	0,614286
0,92	0,46	0,92	0,767	0,265581	0,57735	1,154701	0,57735	0,153333	0,659333	0,86
0,92	0,46	0,92	0,767	0,265581	0,57735	1,154701	0,57735	0,153333	0,659333	1,324631
0,92	0,46	0,46	0,613	0,265581	1,154701	0,57735	0,57735	0,153333	0,659333	0,86
0,46	0,46	0,46	0,460	0	0	0	0	0	0	0,000
0,46	0,46	0,46	0,460	0	0	0	0	0	0	2,15
0,46	0	0,46	0,307	0,265581	0,57735	1,154701	0,57735	0,153333	0,659333	0
0	0	0	0,000	0	0	0	0	0	0	0

Таблица В.7 – Результаты погрешности измерений для иголок кедра при T=373 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
11,5	6	7,8	8,433333	2,804164	1,093612	0,867757	0,225855	1,618985	6,961634	0,82549
11,9	12	11	11,63333	0,550757	0,484182	0,66575	1,149932	0,31798	1,367313	0,117534
12,4	12	12	12,13333	0,23094	1,154701	0,57735	0,57735	0,133333	0,573333	0,047253
11	13	12	12	1	1	1	0	0,57735	2,482606	0,206884
10,1	13	12	11,7	1,473092	1,086151	0,882498	0,203653	0,85049	3,657107	0,312573

Продолжение таблицы В.7

8,7	12	11	11	1,773415	1,296933	0,563884	0	1,023882	4,40269	0,400245
7,4	11	11	9,8	2,078461	1,154701	0,57735	0,57735	1,2	5,16	0,526531
6,4	9,7	9,2	8,433333	1,778576	1,143237	0,71218	0,431056	1,026861	4,415504	0,523578
5,1	7,4	7,8	6,766667	1,457166	1,143773	0,434634	0,709139	0,841295	3,61757	0,534616
4,6	5,1	5,5	5,066667	0,450925	1,03491	0,073922	0,960988	0,260342	1,119469	0,220948
3,2	2,3	3,2	3,2	0,636396	0	1,414214	0	0,367423	1,579921	0,493725
1,8	0,92	1,8	1,7	0,560535	0,178401	1,391527	0,178401	0,323625	1,391589	0,818582
0,92	0,92	0,92	0,92	0	0	0	0	0	0	0
0,92	0	0,92	0,8	0,578273	0,207514	1,383429	0,207514	0,333866	1,435625	1,794531
0,46	0,46	0,46	0,7	0,293939	0,816497	0,816497	0,816497	0,169706	0,729734	1,042477
0,46	0	0	0,6	0,608112	0,230221	0,986661	0,986661	0,351094	1,509702	2,51617
0	0,46	0,46	0,5	0,355809	1,405249	0,11242	0,11242	0,205426	0,883333	1,766667
0,46	0,46	0,46	0,46	0	0	0	0	0	0	0
0,46	0,46	0,46	0,46	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица В.8 – Результаты погрешности измерений для иголок кедра при T=393 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
26,2	20	24	23,4	3,143247	0,890799	1,081684	0,190885	1,814754	7,803444	0,33348
21,6	27	24	24,2	2,70555	0,960988	1,03491	0,073922	1,56205	6,716815	0,277554
12,4	20	16	16,13333	3,801754	0,982003	1,017074	0,035072	2,194944	9,438258	0,585016
5,06	15	8,7	9,586667	5,028969	0,900118	1,07643	0,176312	2,903477	12,48495	1,302324
1,84	8,7	7,4	5,98	3,643789	1,13618	0,746476	0,389704	2,103743	9,046094	1,512725
1,38	4,1	6	3,4	2,380168	0,84868	0,294097	1,09236	1,374191	5,90902	1,737947
0,46	1,4	1,4	1,5	0,742159	1,401317	0,134742	0,134742	0,428486	1,842489	1,228326
0,46	0,46	0,46	0,46	0	0	0	0	0	0	0
0,46	0,46	0,46	0,46	0	0	0	0	0	0	0
0,46	0	0,46	0,306667	0,265581	0,57735	1,154701	0,57735	0,153333	0,659333	2,15

Продолжение таблицы В.8

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Таблица В.9 – Результаты погрешности измерений для иголок сосны при T=333 К

$w_1 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	${}^nS,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	${}^nS_{\bar{x}},$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
19,167	20,776	30,612	23,518	6,196	0,702	0,443	1,145	3,577	15,382	0,654
19,075	12,870	15,352	15,766	3,123	1,060	0,927	0,132	1,803	7,754	0,492
16,271	9,561	14,709	13,514	3,511	0,785	1,126	0,340	2,027	8,717	0,645
11,123	9,101	13,973	11,399	2,448	0,113	0,939	1,052	1,413	6,077	0,533
9,377	9,377	7,170	8,641	1,274	0,577	0,577	1,155	0,735	3,162	0,366
7,354	9,009	5,516	7,293	1,747	0,035	0,982	1,017	1,009	4,338	0,595
7,814	7,722	5,608	7,048	1,248	0,614	0,540	1,154	0,721	3,099	0,440
5,792	6,619	4,413	5,608	1,115	0,165	0,907	1,072	0,644	2,767	0,493
2,758	5,792	2,850	3,800	1,726	0,604	1,154	0,551	0,996	4,284	1,127
1,839	5,332	1,747	2,972	2,044	0,555	1,154	0,600	1,180	5,074	1,707
1,655	3,953	0,735	2,114	1,657	0,277	1,109	0,832	0,957	4,114	1,946
1,103	3,218	3,034	2,451	1,171	1,151	0,654	0,497	0,676	2,908	1,186
0,919	2,022	1,379	1,440	0,554	0,940	1,051	0,111	0,320	1,376	0,955
1,011	1,287	0,919	1,073	0,191	0,320	1,121	0,801	0,110	0,475	0,443
0,552	0,460	0,460	0,490	0,053	1,155	0,577	0,577	0,031	0,132	0,269
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица В.10 – Результаты погрешности измерений для иголок сосны при T=353 К

$w_1 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	${}^nS,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	${}^nS_{\bar{x}},$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
39,897	25,280	30,796	31,991	7,381	1,071	0,909	0,162	4,262	18,325	0,573
31,623	30,245	22,890	28,253	4,695	0,718	0,424	1,142	2,711	11,656	0,413
7,354	17,650	12,318	12,441	5,149	0,988	1,012	0,024	2,973	12,783	1,028
5,792	9,285	8,274	7,783	1,798	1,108	0,835	0,273	1,038	4,463	0,573
3,309	6,895	6,343	5,516	1,931	1,143	0,714	0,429	1,115	4,793	0,869

Продолжение таблицы В.10

3,126	4,321	5,424	4,290	1,149	1,013	0,027	0,986	0,664	2,854	0,665
3,034	0,276	4,229	2,513	2,027	0,257	1,103	0,846	1,170	5,033	2,003
2,850	2,850	3,218	2,972	0,212	0,577	0,577	1,155	0,123	0,527	0,177
2,114	1,931	2,758	2,268	0,434	0,353	0,776	1,129	0,251	1,079	0,476
1,839	1,747	1,747	1,777	0,053	1,155	0,577	0,577	0,031	0,132	0,074
1,931	1,471	1,287	1,563	0,331	1,109	0,277	0,832	0,191	0,823	0,527
0,919	0,919	1,195	1,011	0,159	0,577	0,577	1,155	0,092	0,395	0,391
0,919	0,552	0,919	0,797	0,212	0,577	1,155	0,577	0,123	0,527	0,662
0,460	0,368	0,460	0,429	0,053	0,577	1,155	0,577	0,031	0,132	0,307

Таблица В.11 – Результаты погрешности измерений для иголок сосны при T=373 К

$w_1 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}},$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
55,525	56,812	48,354	53,564	4,557	0,430	0,713	1,143	2,631	11,313	0,211
18,110	21,695	19,489	19,765	1,808	0,915	1,067	0,152	1,044	4,490	0,227
11,215	9,744	11,767	10,909	1,045	0,293	1,114	0,821	0,604	2,595	0,238
8,182	7,722	7,906	7,937	0,231	1,060	0,927	0,132	0,134	0,574	0,072
6,067	4,321	4,964	5,117	0,883	1,075	0,902	0,173	0,510	2,193	0,429
4,964	3,034	5,883	4,627	1,454	0,232	1,096	0,864	0,840	3,611	0,780
3,861	3,126	4,045	3,677	0,486	0,378	1,134	0,756	0,281	1,208	0,328
3,126	3,218	4,045	3,463	0,506	0,666	0,484	1,150	0,292	1,257	0,363
1,931	1,471	2,390	1,931	0,460	0,000	1,000	1,000	0,265	1,141	0,591
0,919	0,919	1,011	0,950	0,053	0,577	0,577	1,155	0,031	0,132	0,139
0,460	0,460	0,919	0,613	0,265	0,577	0,577	1,155	0,153	0,659	1,075
0,460	0,460	0,552	0,490	0,053	0,577	0,577	1,155	0,031	0,132	0,269
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Таблица В.12 – Результаты погрешности измерений для иголок сосны при T=393 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	${}^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	${}^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
73,267	64,994	65,269	67,843	4,699	1,154	0,606	0,548	2,713	11,666	0,172
24,453	19,029	19,949	21,144	2,903	1,140	0,728	0,412	1,676	7,206	0,341
2,022	2,298	2,022	2,114	0,159	0,577	1,155	0,577	0,092	0,395	0,187
1,011	0,368	0,827	0,735	0,331	0,832	1,109	0,277	0,191	0,823	1,119
0,460	0,919	0,644	0,674	0,231	0,927	1,060	0,132	0,134	0,574	0,852
0,552	0,276	0,368	0,398	0,140	1,091	0,873	0,218	0,081	0,349	0,875
0,184	0,460	0,276	0,306	0,140	0,873	1,091	0,218	0,081	0,349	1,138
0,276	0,184	0,276	0,245	0,053	0,577	1,155	0,577	0,031	0,132	0,538
0,276	0,276	0,184	0,245	0,053	0,577	0,577	1,155	0,031	0,132	0,537
0,184	0,184	0,184	0,184	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица В.13– Результаты погрешности измерений для веток ели при T=333 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	${}^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	${}^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
10,927	14,629	14,297	13,284	2,048	1,151	0,656	0,495	1,182	5,085	0,383
20,425	19,774	22,059	20,753	1,177	0,278	0,831	1,110	0,680	2,922	0,141
15,421	14,931	14,706	15,019	0,365	1,098	0,241	0,858	0,211	0,907	0,060
11,949	12,914	12,051	12,304	0,530	0,671	1,149	0,478	0,306	1,316	0,107
14,400	15,234	14,297	14,644	0,514	0,475	1,149	0,674	0,297	1,276	0,087
11,234	12,207	11,132	11,524	0,594	0,489	1,150	0,661	0,343	1,474	0,128
8,272	9,282	9,804	9,119	0,779	1,088	0,209	0,879	0,450	1,933	0,212
9,498	10,896	11,234	10,542	0,920	1,135	0,384	0,751	0,531	2,285	0,217
7,864	9,988	8,681	8,844	1,072	0,915	1,068	0,153	0,619	2,660	0,301
4,187	7,466	8,272	6,642	2,164	1,134	0,381	0,754	1,249	5,371	0,809
5,208	7,768	7,557	6,845	1,421	1,152	0,650	0,501	0,820	3,528	0,515
5,208	8,374	5,515	6,366	1,746	0,663	1,150	0,487	1,008	4,334	0,681

Продолжение таблицы В.13

1,123	5,751	4,800	3,891	2,444	1,133	0,761	0,372	1,411	6,067	1,559
0,408	2,926	2,247	1,860	1,302	1,115	0,818	0,297	0,752	3,233	1,738
2,349	5,246	2,451	3,349	1,644	0,608	1,154	0,546	0,949	4,082	1,219
0,817	3,228	2,451	2,165	1,231	1,096	0,864	0,232	0,711	3,056	1,411
0,102	1,110	1,123	0,778	0,586	0,000	0,000	0,000	0,338	1,454	0,000
0,408	0,605	0,919	0,644	0,258	0,000	0,000	0,000	0,149	0,639	0,000
0,919	0,807	0,715	0,814	0,102	0,000	0,000	0,000	0,059	0,254	0,000
0,000	0,404	0,204	0,203	0,202	0,000	0,000	0,000	0,116	0,501	0,000

Таблица В.14 – Результаты погрешности измерений для веток ели при T=353 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_x$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
13,058	12,140	10,907	12,035	1,079	0,948	0,097	1,045	0,623	2,679	0,223
30,125	22,119	16,310	22,852	6,937	1,049	0,106	0,943	4,005	17,221	0,754
21,180	21,091	17,431	19,901	2,139	0,598	0,556	1,154	1,235	5,311	0,267
14,703	14,918	12,538	14,053	1,316	0,494	0,657	1,151	0,760	3,268	0,233
12,132	11,626	11,213	11,657	0,460	1,032	0,068	0,964	0,266	1,143	0,098
6,169	6,687	8,053	6,970	0,973	0,823	0,290	1,113	0,562	2,416	0,347
4,524	6,584	6,626	5,911	1,202	1,155	0,560	0,595	0,694	2,983	0,505
2,673	4,938	4,281	3,964	1,165	1,108	0,836	0,272	0,673	2,893	0,730
1,028	4,835	3,568	3,144	1,939	1,091	0,873	0,219	1,119	4,813	1,531
0,823	3,601	2,650	2,358	1,412	1,087	0,880	0,207	0,815	3,506	1,487
0,514	2,778	1,937	1,743	1,144	1,074	0,904	0,169	0,661	2,841	1,630
0,206	1,235	1,529	0,990	0,695	1,128	0,352	0,776	0,401	1,725	1,743
0,308	0,926	0,917	0,717	0,354	1,155	0,589	0,565	0,204	0,879	1,226
0,103	0,309	0,408	0,273	0,156	1,095	0,229	0,866	0,090	0,386	1,414
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица В.15 – Результаты погрешности измерений для веток ели при T=373 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
33,025	38,344	29,938	33,769	4,252	0,175	1,076	0,901	2,455	10,555	0,313
23,765	41,207	24,383	29,785	9,896	0,608	1,154	0,546	5,714	24,568	0,825
5,144	23,722	10,802	13,223	9,522	0,848	1,103	0,254	5,498	23,641	1,788
1,955	17,689	10,700	10,114	7,884	1,035	0,961	0,074	4,552	19,572	1,935
0,309	6,339	7,922	4,857	4,017	1,132	0,369	0,763	2,319	9,974	2,054
0,309	3,067	6,173	3,183	2,934	0,980	0,039	1,019	1,694	7,283	2,288
0,206	0,511	3,395	1,371	1,760	0,662	0,488	1,150	1,016	4,369	3,187
0,103	0,511	1,440	0,685	0,685	0,849	0,253	1,102	0,396	1,702	2,485
0,103	0,409	1,029	0,514	0,472	0,871	0,222	1,092	0,272	1,171	2,280
0,103	0,102	0,514	0,240	0,238	0,576	0,579	1,155	0,137	0,590	2,461
0,103	0,409	0,412	0,308	0,177	1,155	0,570	0,584	0,102	0,441	1,431
0,000	0,102	0,103	0,068	0,059	1,155	0,572	0,583	0,034	0,147	2,150
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0

Таблица В.16 – Результаты погрешности измерений для веток ели при T=393 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
48,971	36,831	39,590	41,797	6,364	1,127	0,780	0,347	3,674	15,799	0,378
51,132	38,786	30,154	40,024	10,544	1,054	0,117	0,936	6,087	26,176	0,654
32,510	31,687	31,795	31,997	0,447	1,146	0,693	0,453	0,258	1,111	0,035
9,877	13,889	13,231	12,332	2,152	1,141	0,723	0,418	1,242	5,342	0,433
1,749	6,481	6,256	4,829	2,670	1,154	0,619	0,535	1,541	6,628	1,373
1,337	4,835	4,205	3,459	1,864	1,138	0,738	0,400	1,076	4,629	1,338
0,617	3,807	2,974	2,466	1,654	1,118	0,810	0,307	0,955	4,107	1,665
0,720	1,646	1,846	1,404	0,601	1,139	0,403	0,736	0,347	1,491	1,062
0,412	1,029	1,128	0,856	0,388	1,145	0,445	0,701	0,224	0,964	1,126
0,206	0,514	0,308	0,343	0,157	0,870	1,092	0,222	0,091	0,390	1,139
0,103	0,103	0,103	0,103	0,000	0,577	0,577	1,155	0,000	0,000	0,004

Таблица В.17 – Результаты погрешности измерений для веток кедрa при T=333 K

$w_1 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	${}^nS,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	${}^nS_{\bar{x}},$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
14,116	13,372	13,988	13,825	0,398	0,731	1,140	0,409	0,230	0,987	0,071
19,470	18,314	17,857	18,547	0,832	1,110	0,280	0,830	0,480	2,064	0,111
14,505	14,922	13,690	14,373	0,627	0,212	0,877	1,089	0,362	1,556	0,108
13,921	13,857	13,393	13,724	0,288	0,686	0,461	1,147	0,166	0,716	0,052
17,329	15,891	13,294	15,505	2,045	0,892	0,189	1,081	1,181	5,077	0,327
13,727	13,663	12,500	13,296	0,691	0,623	0,531	1,153	0,399	1,714	0,129
10,903	10,756	10,913	10,857	0,088	0,524	1,153	0,629	0,051	0,219	0,020
13,629	10,659	10,417	11,568	1,789	1,152	0,508	0,644	1,033	4,441	0,384
11,585	9,884	9,722	10,397	1,032	1,151	0,497	0,654	0,596	2,562	0,246
8,372	8,915	8,829	8,705	0,292	1,142	0,717	0,425	0,168	0,724	0,083
8,567	8,527	8,135	8,410	0,239	0,659	0,492	1,151	0,138	0,593	0,070
8,470	7,946	7,143	7,853	0,668	0,923	0,139	1,062	0,386	1,659	0,211
5,549	6,298	5,556	5,801	0,431	0,585	1,155	0,570	0,249	1,069	0,184
4,478	5,233	4,960	4,890	0,382	1,079	0,896	0,183	0,221	0,948	0,194
4,770	4,651	4,464	4,629	0,154	0,919	0,147	1,065	0,089	0,383	0,083
2,921	4,167	3,869	3,652	0,651	1,124	0,791	0,333	0,376	1,616	0,442
0,292	3,682	3,472	2,482	1,900	1,153	0,632	0,521	1,097	4,716	1,900
2,823	3,295	3,175	3,097	0,245	1,120	0,805	0,315	0,141	0,608	0,196
2,434	2,422	2,679	2,512	0,145	0,538	0,616	1,154	0,084	0,359	0,143
0,097	1,938	2,083	1,373	1,107	1,152	0,510	0,642	0,639	2,748	2,002
0,389	1,453	1,587	1,143	0,656	1,149	0,472	0,676	0,379	1,630	1,425
1,266	0,969	1,190	1,142	0,154	0,803	1,120	0,316	0,089	0,383	0,335
0,292	0,484	0,595	0,457	0,153	1,077	0,178	0,899	0,089	0,381	0,833
0,097	0,484	0,298	0,293	0,194	1,011	0,988	0,023	0,112	0,481	1,640
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0

Таблица В.18 – Результаты погрешности измерений для веток кедра при T=353 К

$w_1 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}},$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
17,685	21,067	22,004	20,252	2,272	1,130	0,359	0,771	1,312	5,640	0,278
29,630	29,213	29,213	29,352	0,240	1,155	0,577	0,577	0,139	0,596	0,020
25,556	21,723	23,034	23,437	1,948	1,087	0,880	0,207	1,125	4,836	0,206
21,204	21,348	19,850	20,801	0,826	0,488	0,663	1,150	0,477	2,052	0,099
21,389	20,131	19,007	20,176	1,191	1,018	0,038	0,981	0,688	2,958	0,147
17,037	12,547	15,730	15,105	2,310	0,837	1,108	0,271	1,333	5,734	0,380
12,963	10,768	12,640	12,124	1,185	0,708	1,144	0,436	0,684	2,943	0,243
13,889	6,086	9,925	9,967	3,902	1,005	0,995	0,011	2,253	9,686	0,972
9,815	3,745	7,678	7,079	3,079	0,889	1,083	0,194	1,777	7,643	1,080
8,333	3,464	6,742	6,180	2,483	0,867	1,094	0,226	1,433	6,163	0,997
7,315	2,622	5,712	5,216	2,385	0,880	1,088	0,208	1,377	5,922	1,135
3,981	1,966	4,869	3,606	1,487	0,253	1,102	0,849	0,859	3,693	1,024
3,981	2,154	4,494	3,543	1,230	0,356	1,129	0,773	0,710	3,055	0,862
1,204	2,060	4,307	2,524	1,603	0,823	0,289	1,113	0,925	3,979	1,577
0,556	1,311	3,184	1,683	1,353	0,834	0,275	1,109	0,781	3,359	1,995
0,648	1,498	1,966	1,371	0,668	1,082	0,190	0,891	0,386	1,659	1,210
0,185	1,030	1,592	0,936	0,708	1,060	0,133	0,927	0,409	1,758	1,879
0,185	0,749	1,217	0,717	0,517	1,029	0,062	0,968	0,298	1,283	1,789
0,093	0,655	0,749	0,499	0,355	1,145	0,440	0,704	0,205	0,882	1,766
0,093	0,281	0,468	0,281	0,188	1,001	0,002	0,999	0,108	0,466	1,662
0,185	0,094	0,468	0,249	0,195	0,327	0,796	1,123	0,113	0,485	1,947
0,093	0,000	0,000	0,031	0,053	1,155	0,577	0,577	0,031	0,133	4,300
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица В.19 – Результаты погрешности измерений для веток кедра при T=373 К

$w_1 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}},$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5,$ кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
34,955	32,022	21,536	29,504	7,055	0,773	0,357	1,129	4,073	17,515	0,594

49,369	36,423	32,772	39,521	8,722	1,129	0,355	0,774	5,036	21,653	0,548
40,180	33,895	29,026	34,367	5,592	1,040	0,084	0,955	3,229	13,883	0,404
31,532	29,213	21,536	27,427	5,232	0,785	0,341	1,126	3,021	12,989	0,474
16,757	18,539	15,918	17,071	1,339	0,235	1,097	0,862	0,773	3,324	0,195
8,739	12,640	13,296	11,558	2,464	1,144	0,439	0,705	1,422	6,117	0,529
3,604	8,146	8,708	6,819	2,799	1,149	0,474	0,675	1,616	6,949	1,019
0,991	6,273	6,742	4,669	3,194	1,152	0,502	0,649	1,844	7,928	1,698
0,721	4,775	5,618	3,705	2,618	1,140	0,409	0,731	1,512	6,500	1,755
0,360	3,745	4,588	2,898	2,238	1,134	0,379	0,755	1,292	5,555	1,917
0,270	3,839	3,839	2,649	2,060	1,155	0,577	0,577	1,190	5,115	1,931
0,180	2,809	2,996	1,995	1,575	1,153	0,517	0,636	0,909	3,909	1,959
0,180	2,247	1,966	1,465	1,121	1,146	0,698	0,448	0,647	2,783	1,900
0,180	0,936	0,936	0,684	0,437	0,000	0,000	0,000	0,252	1,084	0,000
0,090	0,468	0,468	0,342	0,218	0,000	0,000	0,000	0,126	0,542	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица В.20 – Результаты погрешности измерений для веток кедра при T=393 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	${}^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	${}^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
55,810	45,926	37,222	46,319	9,300	1,020	0,042	0,978	5,369	23,088	0,498
57,810	57,315	52,593	55,906	2,880	0,661	0,489	1,150	1,663	7,149	0,128
15,810	17,500	28,704	20,671	7,008	0,694	0,453	1,146	4,046	17,397	0,842
2,952	7,407	13,889	8,083	5,499	0,933	0,123	1,056	3,175	13,653	1,689
1,048	5,000	7,407	4,485	3,211	1,070	0,160	0,910	1,854	7,972	1,777
0,857	2,963	3,333	2,384	1,336	1,144	0,433	0,710	0,771	3,316	1,391
0,476	1,296	1,852	1,208	0,692	1,058	0,127	0,930	0,400	1,718	1,422
0,190	5,556	0,926	2,224	2,909	0,699	1,145	0,446	1,679	7,221	3,247
0,000	0,833	0,370	0,401	0,418	0,961	1,035	0,074	0,241	1,037	2,583
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0

Таблица В.21 – Результаты погрешности измерений для веток сосны при T=333 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
25,280	22,063	21,879	23,074	1,913	1,153	0,529	0,625	1,104	4,749	0,206
27,027	13,605	18,845	19,826	6,764	1,065	0,920	0,145	3,905	16,793	0,847
20,040	13,054	17,007	16,700	3,503	0,953	1,041	0,087	2,023	8,697	0,521
13,789	11,951	12,870	12,870	0,919	1,000	1,000	0,000	0,531	2,282	0,177
15,260	11,031	9,653	11,981	2,922	1,122	0,325	0,797	1,687	7,254	0,605
12,594	11,031	8,917	10,848	1,845	0,946	0,100	1,046	1,065	4,582	0,422
12,870	10,112	8,733	10,572	2,106	1,091	0,218	0,873	1,216	5,229	0,495
11,215	9,285	7,354	9,285	1,931	1,000	0,000	1,000	1,115	4,793	0,516
7,906	7,906	5,883	7,232	1,168	0,577	0,577	1,155	0,674	2,899	0,401
6,527	7,354	4,596	6,159	1,415	0,260	0,844	1,104	0,817	3,513	0,570
5,608	5,792	3,585	4,995	1,224	0,501	0,651	1,151	0,707	3,039	0,608
3,034	3,585	2,850	3,156	0,383	0,320	1,121	0,801	0,221	0,950	0,301
2,114	3,034	2,298	2,482	0,486	0,756	1,134	0,378	0,281	1,208	0,487
1,471	1,287	1,471	1,410	0,106	0,577	1,155	0,577	0,061	0,264	0,187
0,919	0,919	1,011	0,950	0,053	0,577	0,577	1,155	0,031	0,132	0,139
0,460	0,552	0,552	0,521	0,053	1,155	0,577	0,577	0,031	0,132	0,253

Таблица В.22 – Результаты погрешности измерений для веток сосны при T=353 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
38,702	29,417	30,796	32,972	5,010	1,144	0,709	0,434	2,893	12,438	0,377
29,877	24,177	27,119	27,058	2,850	0,989	1,011	0,022	1,646	7,076	0,262
15,168	17,007	21,144	17,773	3,060	0,851	0,250	1,101	1,767	7,598	0,428
11,123	15,168	14,709	13,667	2,215	1,148	0,678	0,470	1,279	5,498	0,402
9,377	12,135	8,825	10,112	1,773	0,415	1,141	0,726	1,024	4,402	0,435
7,906	7,354	7,814	7,691	0,296	0,726	1,141	0,415	0,171	0,734	0,095
7,170	6,895	5,792	6,619	0,730	0,756	0,378	1,134	0,421	1,811	0,274
5,975	6,067	5,056	5,700	0,559	0,493	0,658	1,151	0,323	1,388	0,244

Продолжение таблицы В.22

4,872	4,596	3,953	4,474	0,472	0,844	0,260	1,104	0,272	1,171	0,262
2,298	1,195	1,379	1,624	0,591	1,141	0,726	0,415	0,341	1,467	0,903
0,919	0,919	0,919	0,919	0,000	0,000	1,003	0,997	0,000	0,000	0,000
0,460	0,460	0,460	0,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,460	0,460	0,460	0,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица В.23 – Результаты погрешности измерений для веток сосны при T=373 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
55,893	51,940	56,076	54,636	2,337	0,538	1,154	0,616	1,349	5,802	0,106
32,175	29,417	35,393	32,328	2,991	0,051	0,973	1,025	1,727	7,425	0,230
17,926	17,007	19,305	18,079	1,157	0,132	0,927	1,060	0,668	2,872	0,159
13,330	12,410	13,330	13,023	0,531	0,577	1,155	0,577	0,306	1,318	0,101
9,653	9,653	9,653	9,653	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,354	7,354	7,814	7,508	0,265	0,577	0,577	1,155	0,153	0,659	0,088
5,975	5,975	5,516	5,822	0,265	0,577	0,577	1,155	0,153	0,659	0,113
3,126	3,953	3,677	3,585	0,421	1,091	0,873	0,218	0,243	1,046	0,292
1,839	2,942	1,379	2,053	0,803	0,267	1,106	0,839	0,464	1,994	0,971
1,379	2,022	1,379	1,593	0,372	0,577	1,155	0,577	0,215	0,922	0,579
0,919	1,195	0,919	1,011	0,159	0,577	1,155	0,577	0,092	0,395	0,391
0,460	0,735	0,460	0,552	0,159	0,577	1,155	0,577	0,092	0,395	0,717
0,460	0,368	0,460	0,429	0,053	0,577	1,155	0,577	0,031	0,132	0,307

Таблица В.24 – Результаты погрешности измерений для веток сосны при T=393 К

$w_1 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_2 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_3 \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$w_{cp} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$^nS$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\vartheta_{k1}$	$\vartheta_{k2}$	$\vartheta_{k3}$	$^nS_{\bar{x}}$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\Delta w \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$\delta_w$
75,382	68,946	56,076	66,801	9,830	0,873	0,218	1,091	5,675	24,403	0,365
28,498	33,554	28,958	30,336	2,796	0,658	1,151	0,493	1,614	6,941	0,229
12,318	17,007	12,870	14,065	2,562	0,682	1,148	0,466	1,479	6,362	0,452



Продолжение таблицы В.24

7,354	9,377	9,653	8,795	1,255	1,148	0,464	0,684	0,724	3,115	0,354
4,596	7,354	7,354	6,435	1,592	1,155	0,577	0,577	0,919	3,953	0,614
3,218	5,516	5,975	4,903	1,478	1,141	0,415	0,726	0,853	3,668	0,748
0,919	1,379	1,379	1,226	0,265	1,155	0,577	0,577	0,153	0,659	0,537
0,460	0,919	0,460	0,613	0,265	0,577	1,155	0,577	0,153	0,659	1,075
0,460	0,460	0,460	0,460	0,000	1,153	0,579	0,579	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

# Приложение Г (Обязательное)

## Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации

Таблица Г.1 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок ели 333 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	M, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
19946	1,045	0,376	0,00372	0,00052	0,0042343	28,00231	0,058	0,091	1809	4,75	2,06
				0,00043	0,004151	28,02194	0,057	0,089	1773	3,98	1,73
				0,00042	0,0041343	28,02587	0,057	0,089	1766	3,83	1,66
				0,00038	0,004101	28,03372	0,056	0,088	1752	3,52	1,53
				0,00032	0,0040343	28,04943	0,055	0,086	1724	2,91	1,26
				0,00037	0,0040843	28,03765	0,056	0,087	1745	3,37	1,46
				0,00033	0,004051	28,0455	0,056	0,087	1731	3,06	1,32
				0,00033	0,004051	28,0455	0,056	0,087	1731	3,06	1,32
				0,00032	0,0040343	28,04943	0,055	0,086	1724	2,91	1,26
				0,00032	0,0040343	28,04943	0,055	0,086	1724	2,91	1,26
				0,00030	0,0040176	28,05336	0,055	0,086	1717	2,76	1,19
				0,00030	0,0040176	28,05336	0,055	0,086	1717	2,76	1,19
				0,00022	0,0039343	28,07299	0,054	0,084	1681	1,99	0,86
				0,00022	0,0039343	28,07299	0,054	0,084	1681	1,99	0,86
				0,00022	0,0039343	28,07299	0,054	0,084	1681	1,99	0,86
				0,00018	0,003901	28,08085	0,054	0,084	1667	1,69	0,73
				0,00020	0,0039176	28,07692	0,054	0,084	1674	1,84	0,79
				0,00018	0,003901	28,08085	0,054	0,084	1667	1,69	0,73
				0,00017	0,0038843	28,08477	0,053	0,083	1660	1,53	0,66
				0,00015	0,0038676	28,0887	0,053	0,083	1652	1,38	0,59
				0,00015	0,0038676	28,0887	0,053	0,083	1652	1,38	0,59
				0,00013	0,003851	28,09263	0,053	0,082	1645	1,23	0,53
				0,00017	0,0038843	28,08477	0,053	0,083	1660	1,53	0,66
				0,00017	0,0038843	28,08477	0,053	0,083	1660	1,53	0,66
				0,00012	0,0038343	28,09656	0,053	0,082	1638	1,07	0,46
				0,00015	0,0038676	28,0887	0,053	0,083	1652	1,38	0,59
				0,00010	0,0038176	28,10048	0,052	0,082	1631	0,92	0,39
				0,00010	0,0038176	28,10048	0,052	0,082	1631	0,92	0,39
				0,00010	0,0038176	28,10048	0,052	0,082	1631	0,92	0,39
				0,00008	0,003801	28,10441	0,052	0,081	1624	0,77	0,33

Продолжение таблицы Г.1

				0,00012	0,0038343	28,09656	0,053	0,082	1638	1,07	0,46
				0,00010	0,0038176	28,10048	0,052	0,082	1631	0,92	0,39
				0,00010	0,0038176	28,10048	0,052	0,082	1631	0,92	0,39
				0,00010	0,0038176	28,10048	0,052	0,082	1631	0,92	0,39
				0,00008	0,003801	28,10441	0,052	0,081	1624	0,77	0,33
				0,00007	0,0037843	28,10834	0,052	0,081	1617	0,61	0,26
				0,00012	0,0038343	28,09656	0,053	0,082	1638	1,07	0,46
				0,00010	0,0038176	28,10048	0,052	0,082	1631	0,92	0,39
				0,00005	0,0037676	28,11226	0,052	0,081	1610	0,46	0,20
				0,00008	0,003801	28,10441	0,052	0,081	1624	0,77	0,33
				0,00007	0,0037843	28,10834	0,052	0,081	1617	0,61	0,26
				0,00008	0,003801	28,10441	0,052	0,081	1624	0,77	0,33
				0,00007	0,0037843	28,10834	0,052	0,081	1617	0,61	0,26
				0,00007	0,0037843	28,10834	0,052	0,081	1617	0,61	0,26
				0,00007	0,0037843	28,10834	0,052	0,081	1617	0,61	0,26
				0,00005	0,0037676	28,11226	0,052	0,081	1610	0,46	0,20
				0,00002	0,0037343	28,12012	0,051	0,080	1595	0,15	0,07
				0,00000	0,0037176	28,12404	0,051	0,080	1588	0,00	0,00
				0,00000	0,0037176	28,12404	0,051	0,080	1588	0,00	0,00
				0,00003	0,003751	28,11619	0,051	0,080	1603	0,31	0,13
				0,00005	0,0037676	28,11226	0,052	0,081	1610	0,46	0,20
				0,00005	0,0037676	28,11226	0,052	0,081	1610	0,46	0,20
				0,00003	0,003751	28,11619	0,051	0,080	1603	0,31	0,13
				0,00000	0,0037176	28,12404	0,051	0,080	1588	0,00	0,00
				0,00000	0,0037176	28,12404	0,051	0,080	1588	0,00	0,00

Таблица Г.2– Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иглоок ели 353 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H2O}$ , кг	M, г/моль	$g_{H2O}$	$r_{H2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
47415	0,986	0,355	0,00351	0,00058	0,0041	28,570	0,025	0,039	1853	5,36	0,95
				0,00067	0,0048	28,500	0,029	0,045	2154	6,13	1,09
				0,00060	0,0054	28,437	0,032	0,051	2426	5,52	0,99
				0,00062	0,0060	28,372	0,036	0,057	2706	5,67	1,02
				0,00090	0,0069	28,278	0,042	0,066	3113	8,27	1,51
				0,00053	0,0074	28,222	0,045	0,071	3355	4,90	0,90
				0,00057	0,0080	28,162	0,049	0,076	3611	5,21	0,96
				0,00050	0,0085	28,110	0,052	0,081	3838	4,60	0,85
				0,00053	0,0090	28,054	0,055	0,086	4079	4,90	0,92
				0,00048	0,0095	28,003	0,058	0,091	4298	4,44	0,84
				0,00050	0,0100	27,950	0,061	0,095	4525	4,60	0,87

Продолжение таблицы Г.2

				0,00040	0,0104	27,908	0,064	0,099	4706	3,68	0,70
				0,00043	0,0108	27,863	0,067	0,103	4902	3,98	0,76
				0,00035	0,0112	27,826	0,069	0,107	5061	3,22	0,62
				0,00042	0,0116	27,782	0,072	0,111	5249	3,83	0,74
				0,00038	0,0120	27,742	0,074	0,114	5423	3,52	0,68
				0,00025	0,0122	27,716	0,076	0,117	5536	2,30	0,45
				0,00027	0,0125	27,688	0,078	0,119	5657	2,45	0,48
				0,00028	0,0128	27,658	0,079	0,122	5785	2,60	0,51
				0,00015	0,0129	27,642	0,080	0,123	5853	1,38	0,27
				0,00025	0,0132	27,616	0,082	0,126	5966	2,30	0,45
				0,00018	0,0134	27,597	0,083	0,128	6049	1,69	0,33
				0,00013	0,0135	27,583	0,084	0,129	6110	1,23	0,24
				0,00010	0,0136	27,572	0,085	0,130	6155	0,92	0,18
				0,00015	0,0137	27,556	0,086	0,131	6223	1,38	0,27
				0,00005	0,0138	27,551	0,086	0,132	6246	0,46	0,09
				0,00005	0,0138	27,546	0,086	0,132	6268	0,46	0,09
				0,00000	0,0138	27,546	0,086	0,132	6268	0,00	0,00

Таблица Г.3– Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок ели 373 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
101418	0,933	0,336	0,00332	0,00128	0,00460	28,761	0,014	0,022	2203	11,80	0,978
				0,00185	0,00645	28,665	0,019	0,030	3088	17,01	1,426
				0,00177	0,00822	28,573	0,024	0,039	3933	16,24	1,375
				0,00168	0,00990	28,486	0,030	0,047	4739	15,47	1,323
				0,00147	0,01137	28,410	0,034	0,054	5441	13,48	1,163
				0,00118	0,01255	28,348	0,038	0,059	6007	10,88	0,945
				0,00075	0,01330	28,310	0,040	0,063	6366	6,89	0,602
				0,00037	0,01367	28,290	0,041	0,065	6542	3,37	0,295
				0,00015	0,01382	28,283	0,042	0,065	6613	1,38	0,121
				0,00002	0,01384	28,282	0,042	0,065	6621	0,15	0,013
				0,00002	0,01385	28,281	0,042	0,065	6629	0,15	0,013
				0,00000	0,01385	28,281	0,042	0,065	6629	0,00	0,000
				0,00000	0,01385	28,281	0,042	0,065	6629	0,00	0,000

Таблица Г.4– Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок ели 393 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
198665	0,886	0,319	0,00315	0,00268	0,00583	28,837	0,009	0,015	2941	24,67	1,063
				0,00315	0,00898	28,749	0,014	0,023	4530	28,96	1,260
				0,00257	0,01155	28,678	0,018	0,029	5824	23,60	1,035

Продолжение таблицы Г.4

				0,00178	0,01333	28,628	0,021	0,034	6723	16,39	0,723
				0,00090	0,01423	28,603	0,023	0,036	7177	8,27	0,366
				0,00033	0,01457	28,593	0,023	0,037	7345	3,06	0,136
				0,00003	0,01460	28,592	0,023	0,037	7362	0,31	0,014
				0,00002	0,01462	28,592	0,023	0,037	7370	0,15	0,007
				0,00000	0,01462	28,592	0,023	0,037	7370	0,00	0,000
				0,00000	0,01462	28,592	0,023	0,037	7370	0,00	0,000

Таблица Г.5 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок кедр 333 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
19946	1,045	0,376	0,00372	0,000267	0,003984	28,06121	0,054745	0,085344	1702,279	2,45	1,06
				0,000300	0,004018	28,05336	0,055218	0,086058	1716,52	2,76	1,19
				0,000333	0,004051	28,0455	0,055692	0,086772	1730,762	3,06	1,32
				0,000417	0,004134	28,02587	0,056877	0,088557	1766,366	3,83	1,66
				0,000350	0,004068	28,04158	0,055929	0,087129	1737,883	3,22	1,39
				0,000400	0,004118	28,0298	0,05664	0,0882	1759,245	3,68	1,59
				0,000367	0,004084	28,03765	0,056166	0,087486	1745,003	3,37	1,46
				0,000350	0,004068	28,04158	0,055929	0,087129	1737,883	3,22	1,39
				0,000333	0,004051	28,0455	0,055692	0,086772	1730,762	3,06	1,32
				0,000300	0,004018	28,05336	0,055218	0,086058	1716,52	2,76	1,19
				0,000300	0,004018	28,05336	0,055218	0,086058	1716,52	2,76	1,19
				0,000267	0,003984	28,06121	0,054745	0,085344	1702,279	2,45	1,06
				0,000233	0,003951	28,06907	0,054271	0,08463	1688,037	2,15	0,92
				0,000233	0,003951	28,06907	0,054271	0,08463	1688,037	2,15	0,92
				0,000233	0,003951	28,06907	0,054271	0,08463	1688,037	2,15	0,92
				0,000183	0,003901	28,08085	0,053562	0,083559	1666,675	1,69	0,73
				0,000167	0,003884	28,08477	0,053326	0,083202	1659,554	1,53	0,66
				0,000133	0,003851	28,09263	0,052853	0,082488	1645,312	1,23	0,53
				0,000133	0,003851	28,09263	0,052853	0,082488	1645,312	1,23	0,53
				0,000100	0,003818	28,10048	0,052381	0,081774	1631,071	0,92	0,39
				0,000083	0,003801	28,10441	0,052145	0,081417	1623,95	0,77	0,33
				0,000067	0,003784	28,10834	0,051909	0,08106	1616,829	0,61	0,26
				0,000083	0,003801	28,10441	0,052145	0,081417	1623,95	0,77	0,33
				0,000067	0,003784	28,10834	0,051909	0,08106	1616,829	0,61	0,26
				0,000067	0,003784	28,10834	0,051909	0,08106	1616,829	0,61	0,26
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000067	0,003784	28,10834	0,051909	0,08106	1616,829	0,61	0,26
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20

Продолжение таблицы Г.5

				0,000083	0,003801	28,10441	0,052145	0,081417	1623,95	0,77	0,33
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000067	0,003784	28,10834	0,051909	0,08106	1616,829	0,61	0,26
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000017	0,003734	28,12012	0,051202	0,079989	1595,467	0,15	0,07
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000017	0,003734	28,12012	0,051202	0,079989	1595,467	0,15	0,07
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000050	0,003768	28,11226	0,051674	0,080703	1609,708	0,46	0,20
				0,000033	0,003751	28,11619	0,051438	0,080346	1602,588	0,31	0,13
				0,000000	0,003718	28,12404	0,050966	0,079632	1588,346	0,00	0,00

Таблица Г.6 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок кебра 353 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
47415	0,986	0,355	0,00351	0,0003167	0,003824	28,598	0,0230	0,0365	1731,767	2,91	0,51
				0,0004667	0,003974	28,582	0,0239	0,0380	1799,703	4,29	0,76
				0,0003833	0,00389	28,591	0,0234	0,0372	1761,961	3,52	0,62
				0,0003500	0,003857	28,595	0,0232	0,0368	1746,864	3,22	0,57
				0,0003667	0,003874	28,593	0,0233	0,0370	1754,412	3,37	0,59
				0,0003667	0,003874	28,593	0,0233	0,0370	1754,412	3,37	0,59
				0,0003833	0,00389	28,591	0,0234	0,0372	1761,961	3,52	0,62
				0,0003500	0,003857	28,595	0,0232	0,0368	1746,864	3,22	0,57
				0,0003833	0,00389	28,591	0,0234	0,0372	1761,961	3,52	0,62
				0,0003667	0,003874	28,593	0,0233	0,0370	1754,412	3,37	0,59
				0,0003333	0,00384	28,596	0,0231	0,0367	1739,315	3,06	0,54
				0,0003500	0,003857	28,595	0,0232	0,0368	1746,864	3,22	0,57

Продолжение таблицы Г.6

				0,0003500	0,003857	28,595	0,0232	0,0368	1746,864	3,22	0,57
				0,0003333	0,00384	28,596	0,0231	0,0367	1739,315	3,06	0,54
				0,0003167	0,003824	28,598	0,0230	0,0365	1731,767	2,91	0,51
				0,0003500	0,003857	28,595	0,0232	0,0368	1746,864	3,22	0,57
				0,0003167	0,003824	28,598	0,0230	0,0365	1731,767	2,91	0,51
				0,0003167	0,003824	28,598	0,0230	0,0365	1731,767	2,91	0,51
				0,0003000	0,003807	28,600	0,0229	0,0364	1724,218	2,76	0,48
				0,0003000	0,003807	28,600	0,0229	0,0364	1724,218	2,76	0,48
				0,0002500	0,003757	28,605	0,0226	0,0359	1701,573	2,30	0,40
				0,0002500	0,003757	28,605	0,0226	0,0359	1701,573	2,30	0,40
				0,0002500	0,003757	28,605	0,0226	0,0359	1701,573	2,30	0,40
				0,0002333	0,00374	28,607	0,0225	0,0357	1694,025	2,15	0,38
				0,0002500	0,003757	28,605	0,0226	0,0359	1701,573	2,30	0,40
				0,0002333	0,00374	28,607	0,0225	0,0357	1694,025	2,15	0,38
				0,0002167	0,003724	28,609	0,0224	0,0356	1686,476	1,99	0,35
				0,0002000	0,003707	28,610	0,0223	0,0354	1678,928	1,84	0,32
				0,0002333	0,00374	28,607	0,0225	0,0357	1694,025	2,15	0,38
				0,0001667	0,003674	28,614	0,0221	0,0351	1663,831	1,53	0,27
				0,0001833	0,00369	28,612	0,0222	0,0353	1671,379	1,69	0,30
				0,0001500	0,003657	28,616	0,0220	0,0349	1656,282	1,38	0,24
				0,0001500	0,003657	28,616	0,0220	0,0349	1656,282	1,38	0,24
				0,0001167	0,003624	28,619	0,0218	0,0346	1641,185	1,07	0,19
				0,0000833	0,00359	28,623	0,0216	0,0343	1626,088	0,77	0,13
				0,0001333	0,00364	28,618	0,0219	0,0348	1648,734	1,23	0,21
				0,0000833	0,00359	28,623	0,0216	0,0343	1626,088	0,77	0,13
				0,0000833	0,00359	28,623	0,0216	0,0343	1626,088	0,77	0,13
				0,0000667	0,003574	28,625	0,0215	0,0341	1618,54	0,61	0,11
				0,0000500	0,003557	28,626	0,0214	0,0340	1610,991	0,46	0,08
				0,0000500	0,003557	28,626	0,0214	0,0340	1610,991	0,46	0,08
				0,0000333	0,00354	28,628	0,0213	0,0338	1603,443	0,31	0,05
				0,0000000	0,003507	28,632	0,0211	0,0335	1588,346	0,00	0,00

Таблица Г.7 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок кедр 373 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O,}$ кг	$M$ , г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
101418	0,933	0,336	0,00332	0,000917	0,004236	28,780	0,013	0,020	2027,034	8,43	0,70
				0,001250	0,004569	28,763	0,013	0,022	2186,556	11,49	0,95
				0,001333	0,004652	28,759	0,014	0,022	2226,437	12,26	1,02
				0,001300	0,004619	28,760	0,014	0,022	2210,485	11,95	0,99
				0,001283	0,004602	28,761	0,014	0,022	2202,509	11,80	0,98

Продолжение таблицы Г.7

				0,001183	0,004502	28,766	0,013	0,021	2154,652	10,88	0,90
				0,001067	0,004386	28,772	0,013	0,021	2098,819	9,81	0,81
				0,000917	0,004236	28,780	0,013	0,020	2027,034	8,43	0,70
				0,000733	0,004052	28,790	0,012	0,019	1939,296	6,74	0,56
				0,000550	0,003869	28,799	0,011	0,018	1851,559	5,06	0,42
				0,000317	0,003636	28,811	0,011	0,017	1739,893	2,91	0,24
				0,000167	0,003486	28,819	0,010	0,016	1668,107	1,53	0,13
				0,000100	0,003419	28,823	0,010	0,016	1636,203	0,92	0,08
				0,000067	0,003386	28,824	0,010	0,016	1620,251	0,61	0,05
				0,000050	0,003369	28,825	0,010	0,016	1612,275	0,46	0,04
				0,000017	0,003336	28,827	0,010	0,016	1596,322	0,15	0,01
				0,000033	0,003352	28,826	0,010	0,016	1604,298	0,31	0,03
				0,000050	0,003369	28,825	0,010	0,016	1612,275	0,46	0,04
				0,000050	0,003369	28,825	0,010	0,016	1612,275	0,46	0,04
				0,000000	0,003319	28,828	0,010	0,016	1588,346	0,00	0,00

Таблица Г.8 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок кедра 393 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H2O}$	$r_{H2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
198665	0,886	0,319	0,00315	0,002550	0,0057	28,841	0,0090	0,0145	2874,129	1,01	23,44
				0,002617	0,005767	28,839	0,0091	0,0146	2907,745	1,04	24,05
				0,001767	0,004917	28,863	0,0078	0,0125	2479,15	0,70	16,24
				0,001033	0,004183	28,883	0,0066	0,0106	2109,382	0,41	9,50
				0,000650	0,0038	28,894	0,0060	0,0096	1916,095	0,26	5,98
				0,000417	0,003567	28,900	0,0056	0,0091	1798,441	0,16	3,83
				0,000117	0,003267	28,909	0,0052	0,0083	1647,173	0,05	1,07
				0,000050	0,0032	28,911	0,0051	0,0081	1613,558	0,02	0,46
				0,000050	0,0032	28,911	0,0051	0,0081	1613,558	0,02	0,46
				0,000033	0,003183	28,911	0,0050	0,0081	1605,154	0,01	0,31
				0,000000	0,00315	28,912	0,0050	0,0080	1588,346	0,00	0,00

Таблица Г.9 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок сосны 333 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H2O}$	$r_{H2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
19946	1,045	0,376	0,00372	0,002558	0,006276	27,521	0,08792	0,13443	2681,39	23,52	10,83
				0,001715	0,005433	27,720	0,07556	0,11637	2321,08	15,77	7,08
				0,001470	0,005188	27,778	0,07201	0,11112	2216,40	13,51	6,03
				0,001240	0,004958	27,832	0,06868	0,10619	2118,13	11,40	5,05
				0,000940	0,004658	27,903	0,06436	0,09977	1989,96	8,64	3,80
				0,000793	0,004511	27,937	0,06226	0,09663	1927,30	7,29	3,19
				0,000767	0,004484	27,943	0,06187	0,09605	1915,90	7,05	3,08



Продолжение таблицы Г.9

				0,000610	0,004328	27,980	0,05963	0,09270	1848,97	5,61	2,44
				0,000413	0,004131	28,027	0,05683	0,08849	1764,94	3,80	1,65
				0,000323	0,004041	28,048	0,05555	0,08656	1726,49	2,97	1,28
				0,000230	0,003948	28,070	0,05422	0,08456	1686,61	2,11	0,91
				0,000267	0,003984	28,061	0,05474	0,08534	1702,28	2,45	1,06
				0,000157	0,003874	28,087	0,05318	0,08299	1655,28	1,44	0,62
				0,000117	0,003834	28,097	0,05262	0,08213	1638,19	1,07	0,46
				0,000080	0,003798	28,105	0,05210	0,08135	1622,53	0,74	0,32
				0,000053	0,003771	28,111	0,05172	0,08077	1611,13	0,49	0,21
				0,000000	0,003718	28,124	0,05097	0,07963	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.10 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок сосны 353 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	M, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
47415	0,986	0,355	0,00351	0,003480	0,006987	28,266	0,0425	0,0667	3164,46	31,99	5,84
				0,003073	0,00658	28,309	0,0400	0,0629	2980,28	28,25	5,13
				0,001353	0,00486	28,489	0,0293	0,0464	2201,28	12,44	2,21
				0,000847	0,004354	28,543	0,0262	0,0416	1971,81	7,78	1,38
				0,000600	0,004107	28,568	0,0247	0,0392	1860,09	5,52	0,97
				0,000467	0,003974	28,582	0,0239	0,0380	1799,70	4,29	0,76
				0,000273	0,00378	28,603	0,0227	0,0361	1712,14	2,51	0,44
				0,000323	0,00383	28,598	0,0230	0,0366	1734,79	2,97	0,52
				0,000247	0,003754	28,606	0,0226	0,0359	1700,06	2,27	0,40
				0,000193	0,0037	28,611	0,0222	0,0353	1675,91	1,78	0,31
				0,000170	0,003677	28,614	0,0221	0,0351	1665,34	1,56	0,27
				0,000110	0,003617	28,620	0,0217	0,0345	1638,17	1,01	0,18
				0,000087	0,003594	28,622	0,0216	0,0343	1627,60	0,80	0,14
				0,000047	0,003554	28,627	0,0213	0,0339	1609,48	0,43	0,08
				0,000000	0,003507	28,632	0,0211	0,0335	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.11 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок сосны 373 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	M, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
101418	0,933	0,336	0,00332	0,005827	0,009146	28,525	0,02723	0,04316	4376,80	53,56	4,56
				0,002150	0,005469	28,716	0,01618	0,02581	2617,27	19,76	1,65
				0,001187	0,004506	28,766	0,01330	0,02126	2156,25	10,91	0,90
				0,000863	0,004182	28,783	0,01234	0,01974	2001,51	7,94	0,66
				0,000557	0,003876	28,799	0,01143	0,01829	1854,75	5,12	0,42
				0,000503	0,003822	28,802	0,01127	0,01804	1829,23	4,63	0,38
				0,000400	0,003719	28,807	0,01097	0,01755	1779,77	3,68	0,30
				0,000377	0,003696	28,808	0,01090	0,01744	1768,61	3,46	0,29

Продолжение таблицы Г.11

				0,000243	0,003562	28,815	0,01050	0,01681	1704,80	2,24	0,18
				0,000210	0,003529	28,817	0,01040	0,01665	1688,85	1,93	0,16
				0,000103	0,003422	28,822	0,01009	0,01615	1637,80	0,95	0,08
				0,000067	0,003386	28,824	0,00998	0,01598	1620,25	0,61	0,05
				0,000053	0,003372	28,825	0,00994	0,01591	1613,87	0,49	0,04
				0,000000	0,003319	28,828	0,00978	0,01566	1588,35	0,00	0

Таблица Г.12 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для иголок сосны 393 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
198665	0,886	0,319	0,00315	0,007380	0,01053	28,706	0,01676	0,02673	5309,55	67,84	2,967
				0,002300	0,00545	28,848	0,00863	0,01383	2748,07	21,14	0,910
				0,000230	0,00338	28,906	0,00534	0,00858	1704,32	2,11	0,090
				0,000080	0,00323	28,910	0,00510	0,00820	1628,68	0,74	0,031
				0,000073	0,003223	28,910	0,00509	0,00818	1625,32	0,67	0,029
				0,000043	0,003193	28,911	0,00505	0,00811	1610,20	0,40	0,017
				0,000033	0,003183	28,911	0,00503	0,00808	1605,15	0,31	0,013
				0,000027	0,003177	28,911	0,00502	0,00806	1601,79	0,25	0,010
				0,000027	0,003177	28,911	0,00502	0,00806	1601,79	0,25	0,010
				0,000020	0,00317	28,911	0,00501	0,00805	1598,43	0,18	0,008
				0,000010	0,00316	28,912	0,00499	0,00802	1593,39	0,09	0,004
				0,000000	0,00315	28,912	0,00498	0,00800	1588,35	0,00	0,000
				0,007380	0,01053	28,706	0,01676	0,02673	5309,55	67,84	2,967
				0,002300	0,00545	28,848	0,00863	0,01383	2748,07	21,14	0,910

Таблица Г.13– Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток ели 333 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
19946	1,045	0,376	0,00372	0,001307	0,005024	27,816	0,0696	0,1076	2146,62	13,28	5,90
				0,002040	0,005758	27,643	0,0803	0,1233	2459,93	20,75	9,41
				0,001477	0,005194	27,776	0,0721	0,1113	2219,25	15,02	6,70
				0,001210	0,004928	27,839	0,0682	0,1056	2105,32	12,30	5,45
				0,001440	0,005158	27,785	0,0716	0,1105	2203,58	14,64	6,53
				0,001133	0,004851	27,857	0,0671	0,1039	2072,56	11,52	5,09
				0,000897	0,004614	27,913	0,0637	0,0988	1971,44	9,12	4,00
				0,001037	0,004754	27,880	0,0657	0,1018	2031,26	10,54	4,65
				0,000870	0,004588	27,919	0,0634	0,0983	1960,05	8,84	3,88
				0,000653	0,004371	27,970	0,0603	0,0936	1867,48	6,64	2,90
				0,000673	0,004391	27,965	0,0605	0,0941	1876,03	6,84	2,99
				0,000627	0,004344	27,976	0,0599	0,0931	1856,09	6,37	2,77
				0,000383	0,004101	28,034	0,0564	0,0878	1752,12	3,89	1,68

Продолжение таблицы Г.13

				0,000183	0,003901	28,081	0,0536	0,0836	1666,67	1,86	0,80
				0,000330	0,004048	28,046	0,0556	0,0867	1729,34	3,35	1,45
				0,000213	0,003931	28,074	0,0540	0,0842	1679,49	2,17	0,93
				0,000077	0,003794	28,106	0,0521	0,0813	1621,10	0,78	0,33
				0,000063	0,003781	28,109	0,0519	0,0810	1615,41	0,64	0,28
				0,000080	0,003798	28,105	0,0521	0,0813	1622,53	0,81	0,35
				0,000020	0,003738	28,119	0,0512	0,0801	1596,89	0,20	0,09
				0,000000	0,003718	28,124	0,0510	0,0796	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.14 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток ели 353 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O,}$ кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
47415	0,986	0,355	0,00351	0,001173	0,00468	28,508	0,0282	0,0447	2119,76	12,03	2,14
				0,002227	0,005734	28,398	0,0347	0,0548	2596,82	22,85	4,11
				0,001940	0,005447	28,428	0,0329	0,0520	2466,99	19,90	3,56
				0,001370	0,004877	28,488	0,0294	0,0466	2208,83	14,05	2,50
				0,001137	0,004644	28,512	0,0280	0,0444	2103,15	11,66	2,07
				0,000680	0,004187	28,560	0,0252	0,0400	1896,32	6,97	1,23
				0,000577	0,004084	28,571	0,0246	0,0390	1849,52	5,91	1,04
				0,000387	0,003894	28,591	0,0234	0,0372	1763,47	3,96	0,70
				0,000307	0,003814	28,599	0,0229	0,0364	1727,24	3,14	0,55
				0,000230	0,003737	28,607	0,0225	0,0357	1692,51	2,36	0,41
				0,000170	0,003677	28,614	0,0221	0,0351	1665,34	1,74	0,31
				0,000097	0,003604	28,621	0,0216	0,0344	1632,13	0,99	0,17
				0,000070	0,003577	28,624	0,0215	0,0342	1620,05	0,72	0,13
				0,000027	0,003534	28,629	0,0212	0,0338	1600,42	0,27	0,05
				0,000013	0,00352	28,630	0,0211	0,0336	1594,38	0,14	0,02
				0,000000	0,003507	28,632	0,0211	0,0335	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.15 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток ели 373 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O,}$ кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
101418	0,933	0,336	0,00332	0,003290	0,006609	28,657	0,01959	0,03119	3162,84	33,77	2,83
				0,002903	0,006222	28,677	0,01843	0,02936	2977,79	29,78	2,49
				0,001290	0,004609	28,761	0,01361	0,02175	2205,70	13,22	1,10
				0,000987	0,004306	28,777	0,01271	0,02032	2060,53	10,11	0,84
				0,000473	0,003792	28,803	0,01118	0,01789	1814,87	4,86	0,40
				0,000310	0,003629	28,812	0,01070	0,01712	1736,70	3,18	0,26
				0,000133	0,003452	28,821	0,01017	0,01629	1652,16	1,37	0,11
				0,000067	0,003386	28,824	0,00998	0,01598	1620,25	0,68	0,06
				0,000050	0,003369	28,825	0,00993	0,01590	1612,27	0,51	0,04

Продолжение таблицы Г.15

				0,000023	0,003342	28,827	0,00985	0,01577	1599,51	0,24	0,02
				0,000030	0,003349	28,826	0,00987	0,01580	1602,70	0,31	0,03
				0,000007	0,003326	28,827	0,00980	0,01569	1591,54	0,07	0,01
				0,000000	0,003319	28,828	0,00978	0,01566	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.16 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток ели 393 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O,}$ кг	M, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	A · 10 <sup>6</sup>
198665	0,886	0,319	0,00315	0,004067	0,007217	28,799	0,0114	0,0183	3638,88	41,80	1,81
				0,003893	0,007043	28,803	0,0112	0,0179	3551,48	40,02	1,73
				0,003113	0,006263	28,825	0,0099	0,0159	3158,18	32,00	1,38
				0,001200	0,00435	28,879	0,0069	0,0110	2193,42	12,33	0,53
				0,000470	0,00362	28,899	0,0057	0,0092	1825,33	4,83	0,21
				0,000337	0,003487	28,903	0,0055	0,0088	1758,10	3,46	0,15
				0,000240	0,00339	28,905	0,0054	0,0086	1709,36	2,47	0,11
				0,000137	0,003287	28,908	0,0052	0,0083	1657,26	1,40	0,06
				0,000083	0,003233	28,910	0,0051	0,0082	1630,37	0,86	0,04
				0,000033	0,003183	28,911	0,0050	0,0081	1605,15	0,34	0,01
				0,000010	0,00316	28,912	0,0050	0,0080	1593,39	0,10	0,00
				0,000000	0,00315	28,912	0,0050	0,0080	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.17– Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток кедрa 333 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O,}$ кг	M, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	A · 10 <sup>6</sup>
19946	1,045	0,376	0,00372	0,001413	0,005131	27,791	0,0712	0,1099	2192,19	13,83	6,16
				0,001897	0,005614	27,677	0,0782	0,1203	2398,69	18,55	8,38
				0,001470	0,005188	27,778	0,0720	0,1111	2216,40	14,37	6,41
				0,001403	0,005121	27,793	0,0710	0,1097	2187,92	13,72	6,11
				0,001587	0,005304	27,750	0,0737	0,1136	2266,25	15,50	6,94
				0,001360	0,005078	27,804	0,0704	0,1088	2169,40	13,30	5,91
				0,001110	0,004828	27,863	0,0668	0,1034	2062,59	10,86	4,80
				0,001183	0,004901	27,845	0,0679	0,1050	2093,92	11,57	5,12
				0,001063	0,004781	27,873	0,0661	0,1024	2042,65	10,40	4,59
				0,000890	0,004608	27,914	0,0636	0,0987	1968,60	8,71	3,82
				0,000860	0,004578	27,921	0,0632	0,0981	1955,78	8,41	3,69
				0,000803	0,004521	27,935	0,0624	0,0968	1931,57	7,85	3,44
				0,000593	0,004311	27,984	0,0594	0,0923	1841,85	5,80	2,53
				0,000500	0,004218	28,006	0,0581	0,0903	1801,97	4,89	2,12
				0,000473	0,004191	28,013	0,0577	0,0898	1790,58	4,63	2,01
				0,000373	0,004091	28,036	0,0563	0,0876	1747,85	3,65	1,58
				0,000253	0,003971	28,064	0,0546	0,0851	1696,58	2,48	1,07

Продолжение таблицы Г.17

				0,000317	0,004034	28,049	0,0555	0,0864	1723,64	3,10	1,34
				0,000257	0,003974	28,064	0,0546	0,0851	1698,01	2,51	1,08
				0,000140	0,003858	28,091	0,0529	0,0826	1648,16	1,37	0,59
				0,000117	0,003834	28,097	0,0526	0,0821	1638,19	1,14	0,49
				0,000117	0,003834	28,097	0,0526	0,0821	1638,19	1,14	0,49
				0,000047	0,003764	28,113	0,0516	0,0806	1608,28	0,46	0,20
				0,000030	0,003748	28,117	0,0514	0,0803	1601,16	0,29	0,13
				0,000000	0,003718	28,124	0,0510	0,0796	1588,35	0,00	0

Таблица Г.18 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток кедр 353 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
47415	0,986	0,355	0,00351	0,002170	0,005677	28,404	0,0344	0,0542	2571,16	20,25	3,64
				0,003147	0,006654	28,301	0,0404	0,0636	3013,50	29,35	5,33
				0,002513	0,00602	28,367	0,0365	0,0575	2726,65	23,44	4,23
				0,002230	0,005737	28,397	0,0347	0,0548	2598,33	20,80	3,74
				0,002163	0,00567	28,404	0,0343	0,0542	2568,14	20,18	3,62
				0,001620	0,005127	28,461	0,0310	0,0490	2322,06	15,10	2,70
				0,001300	0,004807	28,495	0,0290	0,0459	2177,13	12,12	2,16
				0,001070	0,004577	28,519	0,0276	0,0437	2072,96	9,97	1,77
				0,000760	0,004267	28,552	0,0257	0,0408	1932,56	7,08	1,25
				0,000663	0,00417	28,562	0,0251	0,0398	1888,77	6,18	1,09
				0,000560	0,004067	28,573	0,0245	0,0388	1841,97	5,22	0,92
				0,000387	0,003894	28,591	0,0234	0,0372	1763,47	3,61	0,63
				0,000380	0,003887	28,592	0,0234	0,0371	1760,45	3,54	0,62
				0,000270	0,003777	28,603	0,0227	0,0361	1710,63	2,52	0,44
				0,000180	0,003687	28,613	0,0222	0,0352	1669,87	1,68	0,30
				0,000147	0,003654	28,616	0,0220	0,0349	1654,77	1,37	0,24
				0,000100	0,003607	28,621	0,0217	0,0345	1633,64	0,94	0,16
				0,000077	0,003584	28,623	0,0215	0,0342	1623,07	0,72	0,13
				0,000053	0,00356	28,626	0,0214	0,0340	1612,50	0,50	0,09
				0,000030	0,003537	28,628	0,0212	0,0338	1601,93	0,28	0,05
				0,000027	0,003534	28,629	0,0212	0,0338	1600,42	0,25	0,04
				0,000003	0,00351	28,631	0,0211	0,0335	1589,86	0,03	0,01
				0,000000	0,003507	28,632	0,0211	0,0335	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.19 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток кедр 373 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
101418	0,933	0,336	0,00332	0,00320	0,006519	28,662	0,0193	0,0308	3119,76	29,50	2,47
				0,00429	0,007609	28,605	0,0226	0,0359	3641,40	39,52	3,34

Продолжение таблицы Г.19

				0,00373	0,007046	28,634	0,0209	0,0332	3371,81	34,37	2,89
				0,00297	0,006292	28,673	0,0186	0,0297	3011,29	27,43	2,30
				0,00185	0,005166	28,732	0,0153	0,0244	2472,10	17,07	1,42
				0,00125	0,004566	28,763	0,0135	0,0215	2184,96	11,56	0,96
				0,00073	0,004052	28,790	0,0120	0,0191	1939,30	6,82	0,56
				0,00050	0,003819	28,802	0,0113	0,0180	1827,63	4,67	0,39
				0,00040	0,003716	28,807	0,0110	0,0175	1778,18	3,70	0,31
				0,00031	0,003629	28,812	0,0107	0,0171	1736,70	2,90	0,24
				0,00028	0,003602	28,813	0,0106	0,0170	1723,94	2,65	0,22
				0,00021	0,003532	28,817	0,0104	0,0167	1690,44	2,00	0,16
				0,00016	0,003476	28,820	0,0102	0,0164	1663,32	1,46	0,12
				0,00007	0,003392	28,824	0,0100	0,0160	1623,44	0,68	0,06
				0,00004	0,003356	28,826	0,0099	0,0158	1605,89	0,34	0,03
				0,00000	0,003319	28,828	0,0098	0,0157	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.20 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток кедра 393 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
198665	0,886	0,319	0,00315	0,00495	0,008097	28,774	0,0129	0,0206	4082,60	46,32	2,01
				0,00598	0,00913	28,745	0,0145	0,0232	4603,63	55,91	2,43
				0,00222	0,005367	28,850	0,0085	0,0136	2706,05	20,67	0,89
				0,00087	0,00402	28,888	0,0064	0,0102	2027,03	8,08	0,35
				0,00048	0,003633	28,899	0,0057	0,0092	1832,06	4,49	0,19
				0,00026	0,003407	28,905	0,0054	0,0086	1717,76	2,38	0,10
				0,00013	0,00328	28,908	0,0052	0,0083	1653,90	1,21	0,05
				0,00024	0,00339	28,905	0,0054	0,0086	1709,36	2,22	0,10
				0,00004	0,003193	28,911	0,0050	0,0081	1610,20	0,40	0,02
				0,00000	0,00315	28,912	0,0050	0,0080	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.21 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток сосны 333 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
19946	1,045	0,376	0,00372	0,002510	0,006228	27,533	0,08721	0,13340	2660,74	23,52	10,81
				0,002157	0,005874	27,616	0,08201	0,12583	2509,78	15,77	7,17
				0,001817	0,005534	27,696	0,07704	0,11855	2364,51	13,51	6,09
				0,001400	0,005118	27,794	0,07099	0,10962	2186,49	11,40	5,08
				0,001303	0,005021	27,817	0,06959	0,10755	2145,19	8,64	3,84
				0,001180	0,004898	27,846	0,06781	0,10491	2092,50	7,29	3,23
				0,001150	0,004868	27,853	0,06738	0,10427	2079,68	7,05	3,12
				0,001010	0,004728	27,886	0,06537	0,10127	2019,87	5,61	2,47
				0,000787	0,004504	27,939	0,06216	0,09648	1924,45	3,80	1,66

Продолжение таблицы Г.21

				0,000670	0,004388	27,966	0,06049	0,09398	1874,60	2,97	1,30
				0,000543	0,004261	27,996	0,05868	0,09127	1820,48	2,11	0,92
				0,000343	0,004061	28,043	0,05583	0,08699	1735,03	2,45	1,06
				0,000270	0,003988	28,060	0,05479	0,08542	1703,70	1,44	0,62
				0,000153	0,003871	28,088	0,05314	0,08292	1653,86	1,07	0,46
				0,000103	0,003821	28,100	0,05243	0,08185	1632,49	0,74	0,32
				0,000057	0,003774	28,111	0,05177	0,08085	1612,56	0,49	0,21
				0,000043	0,003761	28,114	0,05158	0,08056	1606,86	0,00	0,00

Таблица Г.22 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток сосны 353 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
47415	0,986	0,355	0,00351	0,003587	0,007094	28,255	0,0432	0,0678	3212,78	31,99	5,85
				0,002943	0,006450	28,322	0,0392	0,0616	2921,40	28,25	5,12
				0,001933	0,005440	28,428	0,0329	0,0520	2463,97	12,44	2,23
				0,001487	0,004994	28,475	0,0302	0,0477	2261,67	7,78	1,39
				0,001100	0,004607	28,516	0,0278	0,0440	2086,54	5,52	0,98
				0,000837	0,004344	28,544	0,0262	0,0415	1967,28	4,29	0,76
				0,000720	0,004227	28,556	0,0255	0,0404	1914,44	2,51	0,44
				0,000620	0,004127	28,566	0,0248	0,0394	1869,15	2,97	0,52
				0,000487	0,003994	28,580	0,0240	0,0381	1808,76	2,27	0,40
				0,000367	0,003874	28,593	0,0233	0,0370	1754,41	1,78	0,31
				0,000293	0,003800	28,601	0,0228	0,0363	1721,20	1,56	0,27
				0,000177	0,003684	28,613	0,0221	0,0352	1668,36	1,01	0,18
				0,000100	0,003607	28,621	0,0217	0,0345	1633,64	0,80	0,14
				0,000050	0,003557	28,626	0,0214	0,0340	1610,99	0,43	0,08
				0,000000	0,003507	28,632	0,0211	0,0335	1588,35	0,00	0,00

Таблица Г.23 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток сосны 373 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	М, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	$A \cdot 10^6$
101418	0,933	0,336	0,00332	0,005943	0,009262	28,519	0,02759	0,04371	4432,64	53,56	4,56
				0,003517	0,006836	28,645	0,02027	0,03226	3271,31	19,76	1,66
				0,001967	0,005286	28,726	0,01563	0,02494	2529,53	10,91	0,91
				0,001417	0,004736	28,754	0,01399	0,02235	2266,32	7,94	0,66
				0,001050	0,004369	28,773	0,01290	0,02062	2090,84	5,12	0,42
				0,000817	0,004136	28,785	0,01220	0,01952	1979,18	4,63	0,38
				0,000633	0,003952	28,795	0,01166	0,01865	1891,44	3,68	0,30
				0,000390	0,003709	28,807	0,01094	0,01750	1774,99	3,46	0,29
				0,000223	0,003542	28,816	0,01044	0,01672	1695,23	2,24	0,18

Продолжение таблицы Г.23

				0,000173	0,003492	28,819	0,01029	0,01648	1671,30	1,93	0,16
				0,000110	0,003429	28,822	0,01011	0,01618	1640,99	0,95	0,08
				0,000060	0,003379	28,825	0,00996	0,01594	1617,06	0,61	0,05
				0,000047	0,003366	28,825	0,00992	0,01588	1610,68	0,49	0,04
				0,000000	0,003319	28,828	0,00978	0,01566	1588,35	0,00	0

Таблица Г.24 – Результаты расчета парциального давления и коэффициента аккомодации для веток сосны 393 К

$P_s$ , Па	$\rho_{с.в.}$ , кг/м <sup>3</sup>	$m_{с.в.(0)}$ , кг	$m_{H_2O(0)}$ , кг	$\Delta m$ , кг	$m_{H_2O}$ , кг	M, г/моль	$g_{H_2O}$	$r_{H_2O}$	$P^*$ , Па	$w_{исп} \cdot 10^5$ , кг/м <sup>2</sup> · с	A · 10 <sup>6</sup>
198665	0,886	0,319	0,00315	0,007267	0,010417	28,709	0,01658	0,02644	5252,41	67,84	2,965
				0,003300	0,006450	28,820	0,01022	0,01637	3252,30	21,14	0,913
				0,001530	0,004680	28,869	0,00741	0,01188	2359,82	2,11	0,091
				0,000957	0,004107	28,885	0,00650	0,01042	2070,72	0,74	0,032
				0,000700	0,003850	28,893	0,00609	0,00977	1941,31	0,67	0,029
				0,000533	0,003683	28,897	0,00582	0,00935	1857,27	0,40	0,017
				0,000373	0,003523	28,902	0,00557	0,00894	1776,59	0,31	0,013
				0,000200	0,003350	28,906	0,00529	0,00850	1689,19	0,25	0,010
				0,000133	0,003283	28,908	0,00519	0,00833	1655,58	0,25	0,010
				0,000067	0,003217	28,910	0,00508	0,00816	1621,96	0,18	0,008
				0,000050	0,003200	28,911	0,00506	0,00812	1613,56	0,09	0,004
				0,000000	0,003150	28,912	0,00498	0,00800	1588,35	0,00	0,000
				0,007267	0,010417	28,709	0,01658	0,02644	5252,41	67,84	2,965
				0,003300	0,006450	28,820	0,01022	0,01637	3252,30	21,14	0,913